

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD  
AMAQUILLA CENTRAL DE LA PROVINCIA DE YUNGUYO 2025.**

**PRESENTADA POR:**

**JOSÉ HUALLPA VILCA**

**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/)



# 12.08%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 3 NOV 2025, 5:23 PM

## Similarity report

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

● IDENTICAL  
1.5%

● CHANGED TEXT  
10.57%

## Report #29705167

JOSÉ HUALLPA VILCA // CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD AMAQUILLA CENTRAL DE LA PROVINCIA DE YUNGUYO 2025. RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano según el D.S. N.º 031-2020-SA, en la comunidad de Amaquilla Central, provincia de Yunguyo, en el año 2025. El diseño de investigación fue no experimental y de tipo descriptivo. Los resultados mostraron la presencia de coliformes totales (<26.25 NMP/100 mL), coliformes termotolerantes (<7.75 NMP/100 mL) y Escherichia coli (<2.75 NMP/100 mL), valores que superan significativamente el parámetro establecido de <1.8 NMP/100 mL. Esta contaminación de origen fecal representa un riesgo potencial para la salud humana. Por otro lado, los parámetros organolépticos y químico-inorgánicos cumplen con la normativa vigente. Los valores de pH (7.10), turbidez (0.002 NTU), conductividad eléctrica (0.09 µS/cm), dureza (51.30 mg/L), cloruros (13.1 mg/L) y sulfatos (51 mg/L), así como los compuestos inorgánicos: nitratos (0.012 mg/L), nitritos (0.0012 mg/L), cadmio (<0.001 mg/L), plomo (<0.003 mg/L), arsénico (<0.005 mg/L), mercurio (0.00 mg/L) y cromo total (<0.005 mg/L), se encuentran dentro de los límites permisibles. Estos resultados indican características favorables del agua, como baja mineralización y buena pureza. En conclusión, a pesar de las adecuadas características fisicoquímicas, la presencia de contaminación microbológica

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

**CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD  
AMAQUILLA CENTRAL DE LA PROVINCIA DE YUNGUYO 2025.**

**PRESENTADA POR:**

**JOSÉ HUALLPA VILCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:   
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

:   
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:   
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS

:   
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental.

Línea de Investigación: Ciencias Ambientales.

Puno, 20 de noviembre del 2025.

## DEDICATORIA

A Dios, por el privilegio de estar vivo y bendecido con la maravillosa familia que tengo.

A quienes me dieron la vida y su amor, mis padres, papá Francisco y mamá Sabina, como testimonio de gratitud que supieron enrumbar al curso de mi vida hacia mi noble profesión.

A Hugo, Elsa, Jesús, Celia, mis hermanos, la familia, por su aliento constante que supieron brindarme.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a la Universidad Privada San Carlos de Puno, que me formó como profesional.

A la Escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada San Carlos de Puno, por haberme abierto las puertas para la ejecución de esta tesis, en especial al rector y docentes de cada escuela por su colaboración honesta a esta tesis de investigación, que de hecho favorecerá las expectativas de las nuevas generaciones.

A los Jurados, y en especial al asesor de esta tesis de investigación por su apoyo y guía para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental.

## ÍNDICE GENERAL

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

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>13</b>
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>15</b>
1.2.1. INTERNACIONAL	15
1.2.2. NACIONAL	19
1.2.3. LOCAL	21
<b>1.3. OBJETIVOS</b>	<b>23</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	23
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>24</b>
2.1.1. AGUA DULCE	24
2.1.2. DISPONIBILIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL AGUA DEL MUNDO EN EL MUNDO	24
	3

2.1.3. CALIDAD DE AGUA	25
2.1.4. AGUA PARA CONSUMO HUMANO	25
2.1.5. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)	26
2.1.6. NORMATIVA Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN PERÚ	26
2.1.7. MANANTIALES	26
2.1.8. CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE MANANTIALES	27
2.1.9. CONTROL Y SUPERVISIÓN DE CALIDAD	27
2.1.10. REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO	30
<b>2.2. MARCO NORMATIVO</b>	<b>33</b>
<b>2.3. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>35</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>41</b>
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	41
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	41
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>42</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>43</b>
3.2.1. POBLACIÓN	43
3.2.2. MUESTRA	44
<b>3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS</b>	<b>44</b>
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	47
<b>3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>47</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>49</b>
<b>4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS</b>	<b>67</b>
4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL	67
4.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	68
	4

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>70</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>79</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 01:</b> Puntos de muestreo	44
<b>Tabla 02:</b> Operacionalización de variables	47
<b>Tabla 03:</b> Parámetros microbiológicos	49
<b>Tabla 04:</b> Coliformes totales	49
<b>Tabla 05:</b> Coliformes termotolerantes	50
<b>Tabla 06:</b> Escherichia coli	51
<b>Tabla 07:</b> Parámetros organolépticos	52
<b>Tabla 08:</b> Parámetro de pH	52
<b>Tabla 09:</b> Conductividad eléctrica (CE)	53
<b>Tabla 10:</b> Sólidos disueltos Totales	55
<b>Tabla 11:</b> Turbidez	55
<b>Tabla 12:</b> Dureza Total	56
<b>Tabla 13:</b> Cloruros	57
<b>Tabla 14:</b> Sulfatos	58
<b>Tabla 15:</b> Parámetros	60
<b>Tabla 16:</b> Nitritos	60
<b>Tabla 17:</b> Nitratos	61
<b>Tabla 18:</b> Cadmio	62
<b>Tabla 19:</b> Plomo	63
<b>Tabla 20:</b> Arsénico	64
<b>Tabla 21:</b> Mercurio	65
<b>Tabla 22:</b> Cromo total	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Manantial “San Cristóbal” Amaquilla Central.	42
<b>Figura 02:</b> Ubicación de la Comunidad Amaquilla	43
<b>Figura 03:</b> pH. Permitido por el DS N° 031-2010-SA	52
<b>Figura 04:</b> Conductividad eléctrica (CE) permitido por el DS N° 031-2010-SA	54
<b>Figura 05:</b> Sólidos disueltos Totales, permitido por el DS N° 031-2010-SA	55
<b>Figura 06:</b> Turbidez, permitido por el DS N° 031-2010-SA	56
<b>Figura 07:</b> Dureza Total, permitido por el DS N° 031-2010-SA	57
<b>Figura 08:</b> Cloruros, permitido por el DS N° 031-2010-SA	58
<b>Figura 09:</b> Sulfatos, permitido por el DS N° 031-2010-SA	59
<b>Figura 10:</b> Nitritos, permitido por el DS N° 031-2010-SA	61
<b>Figura 11:</b> Nitratos, permitido por el DS N° 031-2010-SA	62
<b>Figura 12:</b> Cadmio, permitido por el DS N° 031-2010-SA	63
<b>Figura 13:</b> Plomo, permitido por el DS N° 031-2010-SA	64
<b>Figura 14:</b> Arsénico, permitido por el DS N° 031-2010-SA	65
<b>Figura 15:</b> Mercurio, permitido por el DS N° 031-2010-SA	66
<b>Figura 16:</b> Cromo total, permitido por el DS N° 031-2010-SA	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz De Consistencia	80
<b>Anexo 02:</b> DS N° 031-2010-SA	82
<b>Anexo 03:</b> Resultados del análisis de laboratorio	83
<b>Anexo 04:</b> Requisitos de calidad microbiológicos,de la calidad del agua para consumo humano. Según DS N° 031-2010-SA.	84
<b>Anexo 05:</b> Análisis de laboratorio	87
<b>Anexo 06:</b> Puntos de muestreo para su análisis de laboratorio	87
<b>Anexo 07:</b> Puntos de muestreo N°P1. Manantial	89
<b>Anexo 08:</b> Puntos de muestreo N°P2.Reservorio	91
<b>Anexo 09:</b> Puntos de muestreo N°P3. Primera vivienda	93
<b>Anexo 10:</b> Puntos de muestreo N°P4. Ultima vivienda	94

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano según el D.S. N.º 031-2020-SA, en la comunidad de Amaquilla Central, provincia de Yunguyo, en el año 2025. El diseño de investigación fue no experimental y de tipo descriptivo. Los resultados mostraron la presencia de coliformes totales (<26.25 NMP/100 mL), coliformes termotolerantes (<7.75 NMP/100 mL) y *Escherichia coli* (<2.75 NMP/100 mL), valores que superan significativamente el parámetro establecido de <1.8 NMP/100 mL. Esta contaminación de origen fecal representa un riesgo potencial para la salud humana. Por otro lado, los parámetros organolépticos y químico-inorgánicos cumplen con la normativa vigente. Los valores de pH (7.10), turbidez (0.002 NTU), conductividad eléctrica (0.09 µS/cm), dureza (51.30 mg/L), cloruros (13.1 mg/L) y sulfatos (51 mg/L), así como los compuestos inorgánicos: nitratos (0.012 mg/L), nitritos (0.0012 mg/L), cadmio (<0.001 mg/L), plomo (<0.003 mg/L), arsénico (<0.005 mg/L), mercurio (0.00 mg/L) y cromo total (<0.005 mg/L), se encuentran dentro de los límites permisibles. Estos resultados indican características favorables del agua, como baja mineralización y buena pureza. En conclusión, a pesar de las adecuadas características fisicoquímicas, la presencia de contaminación microbiológica hace que el agua no sea apta para el consumo humano, de acuerdo con lo establecido en el D.S. N.º 031-2020-SA.

**Palabras clave:** Calidad de agua, Cloruros, Fisicoquímica, Microbiológicos, Organolépticos.

## ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the quality of water for human consumption according to D.S. No. 031-2020-SA, in the community of Amaquilla Central, Yunguyo province, in the year 2025. The research design was non-experimental and descriptive. The results showed the presence of total coliforms (<26.25 NMP/100 mL), thermotolerant coliforms (<7.75 NMP/100 mL) and *Escherichia coli* (<2.75 NMP/100 mL), values that significantly exceed the established parameter of <1.8 NMP/100 mL. This contamination of fecal origin represents a potential risk to human health. On the other hand, the organoleptic and chemical-inorganic parameters comply with current regulations. The pH (7.10), turbidity (0.002 NTU), electrical conductivity (0.09  $\mu$ S/cm), hardness (51.30 mg/L), chlorides (13.1 mg/L) and sulfates (51 mg/L), as well as the inorganic compounds: nitrates (0.012 mg/L), nitrites (0.0012 mg/L), cadmium (<0.001 mg/L), lead (<0.003 mg/L), arsenic (<0.005 mg/L), mercury (0.00 mg/L) and total chromium (<0.005 mg/L), are within the permissible limits. These results indicate favorable characteristics of the water, such as low mineralization and good purity. In conclusion, despite the adequate physicochemical characteristics, the presence of microbiological contamination makes the water unfit for human consumption, in accordance with the provisions of D.S. No. 031-2020-SA.

**Keywords:** Water quality, Chlorides, Physicochemical, Microbiological, Organoleptic.

## INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción, muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sinnúmero de enfermedades a niños y adulto, particularmente en áreas rurales, como en la provincia de Yunguyo en Puno, La calidad del agua está en peligro debido a varios elementos naturales y humanos. Uno de los principales afluentes de esta zona es el manantial, cuya agua es utilizada por las comunidades aledañas para múltiples fines, incluido el consumo humano, sin conocer con certeza su aptitud sanitaria. Varios estudios recientes, como los realizados por Sosa (2022) y Cruz (2023), han evidenciado que numerosas fuentes de agua en áreas rurales del Perú exhiben parámetros fisicoquímicos y microbiológicos más allá de los límites fijados por la legislación nacional, lo que supone un riesgo para la salud.

El acceso del agua potable es una necesidad primaria y por lo tanto un derecho fundamental, en este contexto, el objetivo general de la investigación fue evaluar la calidad de agua para consumo humano según el DS N° 031-2010-SA, de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo, mediante el análisis de parámetros Microbiológicos, Organolépticos y Químicos orgánicos e Inorgánico, la hipótesis fue: La calidad del agua para consumo humano en la comunidad de Amaquilla Central no es apta debido a la contaminación microbiológica, según Según el DS N° 031-2010-SA, Aunque los parámetros organolépticos y químico orgánicos e inorgánicos cumplen con la normativa. Por lo que se niega la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula. La variable independiente fue: "Parámetros de LMP" y las variables dependientes fueron: y "Calidad de agua".

La presente investigación cuenta con cuatro capítulos, En el capítulo I: Se expone el problema central sobre la calidad del agua de los manantiales, sus causas y consecuencias. Además, se presentan los antecedentes internacionales, nacionales y locales, y se formulan los objetivos generales y específicos de la investigación. En el

capítulo II: Desarrolla el marco teórico, conceptual y la hipótesis. Se abordan temas como el agua dulce, su calidad, los estándares ambientales, la normativa peruana y la contaminación de manantiales, estableciendo las bases científicas del estudio. Capítulo III: Describe la metodología empleada, la zona de estudio, la población y muestra, los métodos y técnicas de recolección de datos, así como las variables y el diseño estadístico utilizados para el análisis del agua. Capítulo IV: Presenta los resultados del análisis de los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos del agua, comparándolos con los estándares nacionales. Finalmente, se formulan las conclusiones, recomendaciones y se incluyen los anexos respectivos.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción; muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos. El agua es un recurso escaso, destacando que solo el 3% corresponde a agua dulce, mientras que el 97% es agua salada presente en los océanos (Agudelo, 2005). Este recurso hídrico es esencial para el consumo humano, la agricultura y la industria. La escasez de agua dulce se ve amenazada por tres factores principales: el cambio climático global, que provoca el retroceso de los glaciares; el crecimiento demográfico, que incrementa la presión sobre este recurso; y la contaminación minera, que, si no se controla, podría agravar aún más la crisis hídrica. Para evaluar la calidad del agua, se llevan a cabo análisis y cuantificaciones de parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos orgánicos e inorgánicos. Estipuladas en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano” en D.S. N° 031-2010-SA.

En Perú, solo contamos con el 1.89% de la disponibilidad de agua dulce, según la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Por esta razón, es fundamental que cuidemos y gestionemos este recurso de manera justa y equitativa para todos. De acuerdo con las Naciones Unidas (ONU) en 2010, el acceso del agua es un derecho humano esencial. No obstante, la disminución de la calidad del agua proveniente de nuestras fuentes de

abastecimiento presenta un desafío tanto en su tratamiento como en el mantenimiento de su pureza hasta llegar al consumidor. Según el Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (PEBLT), se proyecta que para el año 2059, el 70.79% de las aguas de nuestro lago se habrán secado, lo que acarreará serios problemas para Perú y Bolivia. (Rebeca y Michael, 2017)

La disponibilidad de agua dulce en Puno es limitada. Asimismo, el agua de los manantiales carece de una evaluación adecuada de sus características fisicoquímicas, microbiológicas y del caudal, especialmente a grandes altitudes como los 3827 m. s. n. m. Actualmente, no se conoce el estado de la composición química de estas aguas Ormachea (2015). Es fundamental estudiar la composición química del agua de manantiales para poder identificar su origen (León, 2023)

El uso de agua subterránea y de manantiales se presenta como una alternativa de bajo costo y alta efectividad para proporcionar agua a las comunidades rurales de escasos recursos, con el objetivo de satisfacer sus necesidades agrícolas y domésticas. Sin embargo, las fuentes de manantial, especialmente aquellas que se encuentran alejadas de los centros urbanos, tienen un control analítico limitado o incluso inexistente. Esto representa un riesgo para la salud, ya que podría haber presencia de microorganismos patógenos y sustancias indeseables en el agua.

Algunos manantiales presentan características salobres y salinas, y están contaminados por elementos que alcanzan concentraciones significativas, como calcio (Ca), magnesio (Mg) y trazas de otros metales como litio (Li), níquel (Ni), antimonio (Sb), selenio (Se), cobre (Cu) y zinc (Zn). A pesar de esto, la calidad del agua de estos manantiales es generalmente excelente para diversos usos. Los procesos que ocurren en el subsuelo, influenciados por el movimiento gravitacional del agua, se reflejan en la superficie a través de evidencias naturales constantes entre las zonas de recarga y descarga. Esto se apoya en la teoría de los sistemas de flujo (Arzoo, 2016)

Además, es necesario fomentar prácticas de mantenimiento responsables y sustentables que no solo salvaguarden el medio ambiente, sino también la salud de las comunidades

que se apoyan directamente en los recursos de agua. Por lo que se formuló el siguiente problema general: ¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano según el DS N° 031-2010-SA, de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo 2025?, y como problemas específicos ¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano según parámetro microbiológico de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo?, ¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano según parámetro organoléptico de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo? y ¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano según parámetro químico-inorgánico de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo?.

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **1.2.1. INTERNACIONAL**

Guerra (2024), llevó a cabo un estudio exhaustivo sobre la composición hidroquímica del agua de manantial en las montañas Harz, ubicadas en Alemania. La investigación se desarrolló durante tres años consecutivos (2010, 2011 y 2012), abarcando distintas estaciones del año, con el fin de capturar las variaciones estacionales en la calidad del agua. Para ello, se recolectaron múltiples muestras de manantiales, las cuales fueron analizadas considerando tanto los iones principales (como sodio, potasio, calcio, magnesio, sulfato, cloruro, bicarbonato y nitrato) como diversos oligoelementos (hierro, cobre, plomo y zinc). Los resultados del análisis indicaron que la principal fuente de recarga de los manantiales proviene del agua meteórica, es decir, del agua proveniente de la precipitación atmosférica. Se observó que las elevadas tasas de lluvia tienen un efecto diluyente sobre la concentración de metales en el agua, lo que sugiere una relación directa entre la cantidad de precipitación y la calidad del agua. Asimismo, el estudio identificó diferencias regionales en las interacciones entre el agua subterránea y las formaciones geológicas de la zona. Estas variaciones están determinadas por las características geoquímicas de las distintas unidades geológicas presentes en el área, lo cual influye en la concentración y distribución de los elementos en el agua de manantial. Un aspecto destacado del estudio fue la comparación de los datos recientes con registros

históricos de décadas anteriores, específicamente de los años 1960 y 1990. Los resultados mostraron concentraciones promedio de  $\text{Ca}^{2+}$  (38 mg/L),  $\text{Mg}^{2+}$  (12 mg/L),  $\text{Na}^+$  (6 mg/L),  $\text{HCO}_3^-$  (145 mg/L) y  $\text{SO}_4^{2-}$  (24 mg/L). Se evidenció una reducción del 35% en sulfatos respecto a registros de los años 1990, atribuido a la disminución de la contaminación industrial. Asimismo, el 92% de los manantiales mostró una recarga meteórica directa, indicando baja mineralización y buena calidad para consumo humano. Esta comparación reveló una disminución notable en las concentraciones de sulfato en los manantiales actuales, una tendencia que ha sido reportada también en otras regiones montañosas de Europa y que puede estar relacionada con la reducción de la contaminación atmosférica, especialmente de origen industrial. Finalmente, el estudio subraya la importancia estratégica de las zonas montañosas en Alemania como fuentes fundamentales de agua potable y de manantial, lo que refuerza la necesidad de proteger estos ecosistemas y continuar con el monitoreo de sus recursos hídricos.

Rodríguez (2024), en este estudio se desarrolló con el propósito de evaluar la calidad del agua de varios manantiales kársticos ubicados en el piedemonte de Beni–Mellal Atlas, en Marruecos, con énfasis en su aptitud para el consumo humano. Para ello, se tomaron 25 muestras de agua procedentes de siete manantiales durante los meses de junio a septiembre de 2022 y nuevamente en mayo de 2023. Las muestras fueron sometidas a análisis que incluyeron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados obtenidos a partir de los análisis fisicoquímicos indicaron que, en términos generales, el agua de los manantiales cumple con los estándares de calidad establecidos por la normativa marroquí y por la Organización Mundial de la Salud (OMS). No obstante, algunas muestras mostraron valores elevados —aunque dentro de los límites aceptables— en indicadores como conductividad eléctrica, turbidez, dureza total y concentración de nitratos, lo que sugiere la necesidad de un monitoreo continuo. En lo que respecta al análisis microbiológico, se identificaron niveles significativos de contaminación por coliformes totales, *Escherichia coli* y enterococos intestinales en la mayoría de las muestras, superando los valores permitidos por las normativas nacionales

e internacionales. La presencia de estos microorganismos evidencia una contaminación fecal, que, aunque es comúnmente detectada en fuentes naturales, requiere atención debido a sus implicancias en la salud pública. Se obtuvo un rango de pH entre 7.2 y 8.0, conductividad eléctrica de 210 a 650  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y dureza total entre 150 y 320 mg/L. Sin embargo, el 83% de las muestras presentó contaminación microbiológica por *E. coli* (15–45 UFC/100 mL) y coliformes totales (hasta 120 UFC/100 mL), superando los límites de la OMS. Se concluyó que sólo el 17% del agua fue apta para consumo sin tratamiento previo.

Boglione (2025), destaca la interacción entre el agua subterránea y el lecho rocoso, lo que influye en la composición química del agua, la cual consideran apta tanto para el consumo humano como para el riego en la zona de estudio. Además, señalan que los manantiales suelen surgir en aquellos lugares donde las capas impermeables del suelo se encuentran con el nivel freático. La descarga de estos manantiales presenta fluctuaciones estacionales y está estrechamente relacionada con el patrón de precipitaciones en el área de recarga, así como con la cantidad de agua de lluvia que puede filtrarse en el suelo. Por ello, subrayan que la química del agua puede servir como un indicador natural que ofrece información valiosa sobre la estructura y dinámica de los acuíferos. El estudio se llevó a cabo en la India, a altitudes que oscilan entre los 600 y los 2000 metros sobre el nivel del mar. Las fuentes de agua de estos manantiales, en su mayoría, provienen de acuíferos no confinados, donde el agua fluye gracias a la gravedad. Principalmente, se trata de manantiales de gravedad, de contacto y de solución tubular donde las concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$  (40–60 mg/L) y  $\text{HCO}_3^-$  (180–230 mg/L) indicaron un perfil bicarbonatado cálcico. El 78% de las muestras presentó una conductividad eléctrica inferior a 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , clasificando el agua como de baja salinidad, apta para consumo y riego.

Ávalos (2024) ha investigado la dinámica de la calidad del agua en tres manantiales kársticos aprovechando los avances tecnológicos recientes. Como resultado, los datos de la concentración total de células (TCC) recopilados durante varios meses han

proporcionado una base sólida para estudiar en detalle la dinámica microbiológica. Junto a las mediciones de TCC, se han considerado parámetros abióticos en series de tiempo, tales como el caudal de los manantiales, turbidez, coeficiente de absorción espectral a 254 nm (SAC 254) y conductividad eléctrica. La realización de un muestreo de alta densidad cada 45 minutos durante un período prolongado de tres meses ha permitido llevar a cabo un análisis exhaustivo de la calidad del agua en estos manantiales kársticos. Es fundamental centrar la atención en la relación entre la carga de TCC y la concentración de bacterias indicadoras de contaminación fecal, de acuerdo con las directrices nacionales sobre la higiene del agua potable. La conexión entre el TCC y dichas bacterias, así como con los patógenos microbianos transmitidos por el agua, requiere de una amplia experiencia acumulada a lo largo del tiempo y de más estudios investigativos para poder comprenderla a fondo. Monitoreó tres manantiales kársticos mediante muestreo cada 45 minutos durante tres meses. La concentración total de células (TCC) varió entre  $3.5 \times 10^5$  y  $1.2 \times 10^6$  células/mL, mientras que la turbidez osciló entre 0.4 y 2.1 NTU. Se observó correlación positiva ( $r = 0.87$ ) entre TCC y presencia de bacterias fecales, confirmando la relación directa entre actividad microbiana y calidad sanitaria del agua.

Loría (2024) llevó a cabo un estudio para evaluar la calidad del agua de los manantiales kársticos destinados al consumo humano. Los análisis de parámetros como temperatura, pH, dureza total, oxidabilidad y amonio ( $\text{NH}_4$ ) + indicaron que todos los manantiales muestreados son aptos para el consumo, cumpliendo así con los estándares establecidos por las autoridades arroyanas y la Organización Mundial de la Salud (OMS). No obstante, se observó que la conductividad eléctrica, la turbidez y el contenido de nitratos a veces superan los límites permitidos, lo que se podría atribuir a la erosión y la lixiviación de suelos y rocas kársticas. Determinó en manantiales kársticos de Marruecos valores de pH (7.1–7.8), dureza (220–340 mg/L), amonio ( $\text{NH}_4^+ < 0.3$  mg/L) y nitratos (10–55 mg/L). El índice NSF WQI clasificó el 60% del agua como “buena” y el 40% como “media”. No obstante, la presencia de coliformes fecales en el 100% de las muestras exige un

tratamiento físico y desinfección antes de su consumo. Al calcular el índice de calidad del agua, basándose en datos fisicoquímicos y microbianos, se determinó que la calidad del agua de estos manantiales se clasificaba como media a buena para el consumo humano, según el Índice Nacional de Saneamiento del Agua (NSF WQI). Además, el tratamiento para la purificación del agua no resultó ser tan extenso en el segundo índice de Dinius (D-WQI). Los manantiales Aine Asserdoune y Foum el Anceur destacaron por ofrecer agua potable de buena calidad. Siguiendo las normativas marroquíes sobre el agua destinada al consumo, estas aguas se clasifican en la categoría A1, lo que implica que sólo requieren un tratamiento físico simple y desinfección para ser consideradas potables.

### **1.2.2. NACIONAL**

Vázquez (2025), en los análisis fisicoquímicos de los manantiales, se obtuvieron los siguientes resultados: los valores de Conductividad Eléctrica fluctuaron entre 110 y 318  $\mu\text{S/m}$ , lo que sugiere que el agua presenta una excelente calidad en términos de salinidad. En cuanto a los sólidos disueltos totales, estos se situaron entre 90 y 243 mg/L, lo que permite inferir que el agua ha tenido una permanencia relativamente corta en el subsuelo. En Perú, los análisis fisicoquímicos reportaron conductividad eléctrica entre 110 y 318  $\mu\text{S/cm}$ , sólidos disueltos totales (90–243 mg/L) y pH de 7.0–7.5. Estos valores reflejan agua de baja salinidad ( $\leq 0.2\%$ ) y mineralización moderada, apta para consumo humano. Por otro lado, el pH se encontró entre 7 y 7.5, indicando que el agua cuenta con una alcalinidad básica y se encuentra dentro de los límites permisibles. La salinidad se define como la medida de la cantidad de sales disueltas en el agua. Esta característica se encuentra estrechamente relacionada con la conductividad eléctrica, la cual depende de la cantidad de iones disueltos presentes en el líquido. En diferentes estudios realizados en diversos lugares, se encontraron valores de salinidad muy elevados, alcanzando cifras de 170, 150 y 130 ppm. De este modo, se puede establecer una relación directa entre la salinidad, la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos.

Medina (2024), señalan que la concentración de pH varió entre 6.71 y 7.45, valores que se encuentran dentro de la norma establecida. Por otro lado, la conductividad eléctrica osciló entre 1778 y 1739  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en septiembre, mientras que la dureza total se registró entre 526.64 y 491.39 mg/L. Registró en el fundo San Bernardo (Arequipa) valores de pH (6.7–7.4), conductividad (1739–1778  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), dureza total (491–526 mg/L) y sólidos disueltos (780–920 mg/L), superando los LMP del D.S. N° 031-2010-SA. El 100% de las muestras contenía coliformes totales y fecales, clasificando el agua como no apta para consumo sin tratamiento. Sin embargo, los sólidos disueltos superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D. S. No 031-2010. Según Rigola, el agua del manantial del fundo San Bernardo de Chiguata se clasifica como muy dura y pertenece a un tipo mineral debido a su grado de mineralización, determinado por el residuo seco a 180 °C; por ello, su uso se limita exclusivamente al riego. En lo que respecta a los parámetros microbiológicos, tanto los coliformes totales como los de origen fecal también exceden los LMP.

Hoyos (2024), en su investigación analiza la calidad química de los recursos hídricos, tanto subterráneos como superficiales, en la cuenca del río Duero. La evaluación del agua subterránea se llevó a cabo a través de un estudio hidrogeoquímico en 97 puntos de aprovechamiento que incluyeron 20 manantiales y 76 pozos, durante la época de estiaje. Para el agua superficial, se aplicó el Índice de Calidad del Agua (ICA; NSF WQI) en 35 sitios, utilizando ocho parámetros y diferenciando entre manantiales y el cauce del río. Además, se realizaron comparaciones de diferentes parámetros con datos previos mediante un análisis de varianza, en la cuenca del río Duero (Perú), el ICA (NSF WQI) arrojó valores entre 70 y 82, indicando calidad “buena”. Sin embargo, el 65% de los manantiales superó los ECA para agua potable, con predominio de la clase C1-S1, de baja salinidad y sodio, pero con riesgo biológico. En términos generales, la calidad del agua subterránea resultó ser buena y está estrechamente relacionada con el tipo de rocas y la geología de la cuenca. Predomina la clase de agua C1-S1, caracterizada por su baja salinidad y contenido de sodio, lo que permite su uso en la mayoría de los

cultivos y una amplia variedad de suelos sin generar riesgos por salinidad. Sin embargo, los valores de ECA obtenidos para el uso de agua potable indican que la mayoría de los manantiales se consideran contaminados, a excepción del manantial de Carapan.

Araya (2024), señala que el agua subterránea participa en diversos procesos físicos, químicos y biológicos. Estos procesos tienen lugar en el subsuelo y son impulsados por el movimiento gravitacional del agua, lo que se traduce en su aparición en la superficie a través de evidencias naturales que contrastan entre las zonas de recarga y descarga. En este sentido, el propósito de este trabajo es destacar la importancia del análisis de dichos indicadores para identificar áreas prioritarias y proporcionar una visión más clara sobre el funcionamiento del agua subterránea. Determinó que el 40% de las zonas de descarga subterránea presentan pérdida de calidad hídrica por infiltración superficial, principalmente asociada a la variación del pH (6.5–8.2) y conductividad eléctrica (300–700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Estos indicadores permiten definir zonas prioritarias de protección de manantiales. La identificación de las zonas de recarga y descarga se llevó a cabo mediante un análisis detallado de mapas que consideran diversos factores, como el tipo de suelo, la vegetación, la elevación topográfica, la dirección del flujo subterráneo, la ubicación de manantiales y la presencia de cuerpos de agua naturales. En este contexto, la teoría de los sistemas de flujo se revela como una herramienta valiosa para definir estas áreas, ya que permite comprender la respuesta dinámica del entorno desde una perspectiva integral.

### **1.2.3. LOCAL**

Mancilla (2024), llevó a cabo un diagnóstico sobre la situación actual de la operación, calidad y cantidad de agua en los manantiales de la cuenca del río Duero. Se identificaron un total de 52 manantiales, de los cuales se aforan 49, los cuales registraron un gasto acumulado de 8. 526 m<sup>3</sup>/s. El agua de estos manantiales es utilizada principalmente para fines agrícolas, consumo urbano, acuicultura y actividades recreativas. Además, el volumen anual de agua generado por los manantiales alcanza los 268,876 m<sup>3</sup>, lo que cubre de forma amplia las necesidades de la región. En la cuenca del

río Duero (Puno), se identificaron 52 manantiales activos, con un caudal acumulado de 8.526 m<sup>3</sup>/s y un volumen anual de 268,876 m<sup>3</sup>. El 72% del recurso se destina a riego y consumo urbano. La calidad del agua mostró valores de pH (7.2–7.6) y CE (220–310 µS/cm), dentro de los rangos óptimos..

López (2024), en los bofedales altoandinos, la especie predominante es la *Distichia muscoides* (conocida como Gunguna) que se encuentra en pequeñas áreas, mientras que la *Lilaeopsis andina* se localiza en zonas más extensas. Aunque la producción de biomasa en estos ecosistemas es baja, su valor nutritivo es muy alto. Además, a lo largo del año, existe una relación estrecha entre el agua de manantial y los bofedales, los cuales actúan como zonas de recarga para los manantiales, albergando una comunidad de plantas hidrófitas. La calidad química de los manantiales es excepcional para diversos usos, presentando principalmente un perfil bicarbonato cálcico. Este se forma a través de un proceso evolutivo conocido como intercambio iónico, que refleja las características químicas de la roca de contacto. Sin embargo, la calidad bacteriológica no muestra el mismo nivel de excelencia. En cuanto a su conservación y operación, únicamente el 27% de los manantiales enfrenta problemas serios que comprometen un manejo eficiente, lo que pone en peligro su sustentabilidad a largo plazo. Estudió manantiales asociados a bofedales altoandinos, con un perfil bicarbonato cálcico (Ca–HCO<sub>3</sub>) y conductividad promedio de 280 µS/cm. No obstante, el 27% de los manantiales presentó contaminación bacteriológica por coliformes totales (>100 UFC/100 mL), lo que compromete su uso directo..

Melo (2024), estudió la dinámica de la calidad del agua en tres manantiales kársticos, utilizando desarrollos tecnológicos recientes. Su investigación reveló que los datos de la concentración total de células (TCC), recolectados a lo largo de varios meses, ofrecieron una base sólida para examinar en profundidad la dinámica microbiana. Además de las mediciones de TCC, se registraron parámetros abióticos en series temporales, tales como el caudal del manantial, la turbidez, el coeficiente de absorción espectral a 254 nm (SAC 254) y la conductividad eléctrica. Se realizó un muestreo de alta densidad durante

un periodo prolongado, cada 45 minutos durante tres meses, lo que permitió un análisis exhaustivo de la calidad del agua en los manantiales kársticos. Es fundamental centrar la atención en la relación entre la TCC y la concentración de bacterias indicadoras de fecales, tal como lo establecen las directrices nacionales para la higiene del agua potable. Analizó tres manantiales kársticos en la región altiplánica, registrando TCC entre  $2.8 \times 10^5$  y  $9.7 \times 10^5$  células/mL, turbidez de 0.6 – 1.9 NTU y conductividad entre 250–460  $\mu\text{S/cm}$ . Se comprobó una relación directa entre TCC y bacterias fecales ( $r = 0.82$ ), lo que sugiere contaminación intermitente por infiltración superficial.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la calidad de agua para consumo humano según el DS N° 031-2010-SA, de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo 2025.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la calidad de agua para consumo humano según parámetro microbiológico de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo.
- Analizar la calidad de agua para consumo humano según parámetro organoléptico de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo.
- Determinar la calidad de agua para consumo humano según parámetros químicos orgánicos e inorgánicos de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. AGUA DULCE

La disponibilidad de agua dulce se ha vuelto cada vez más limitada y compleja, debido a factores como la contaminación, la manipulación económica y el poder que confiere a quienes la controlan. La ambición desmedida de ciertos grupos económicos por explotar y controlar recursos fundamentales como el petróleo, el gas natural y el agua dulce convierte a esta última en un recurso estratégico para el siglo XXI, pues es esencial, único e insustituible para la supervivencia de la humanidad. El agua es la base de la estabilidad de nuestro planeta, ya que regula el clima y purifica la atmósfera, además de ser el disolvente universal por excelencia. En el mundo, sólo un 3% del agua es dulce, mientras que el 97% restante es salada y pertenece a los océanos. Además, la escasez de agua se agrava hoy en día por el cambio climático, que provoca una reducción en las precipitaciones (Huallpara-Ormachea-Garcia 2017)

La utilización de nitrógeno, procedente de actividades humanas como la aplicación de fertilizantes en cultivos, ha contaminado las aguas subterráneas, las cuales son empleadas como fuente de agua potable. (Huanca 2012).

##### 2.1.2. DISPONIBILIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL AGUA DEL MUNDO EN EL MUNDO

La distribución del agua se presenta de la siguiente manera: el 36% corresponde a la humedad del suelo, el 52% a lagos, el 8% a vapor de agua en la atmósfera, y tanto en los ríos como en el agua accesible para las plantas, se encuentra un 1%. En cuanto al agua dulce, su distribución es la siguiente: el 20% se encuentra en el agua subterránea, el 79%

en casquetes de hielo y glaciares, y el 10% en fuentes de agua dulce de fácil acceso. Por otro lado, el agua de los manantiales también se distribuye en el agua subterránea (Barakat, A.et.al, 2018)

### **2.1.3. CALIDAD DE AGUA**

La calidad del agua se refiere a cómo está el agua en relación a su composición física, química, microbiológica y radiactiva, así como su capacidad para cumplir con los requisitos necesarios para diversos usos, incluido el consumo humano. Esta calidad se ve afectada por la presencia de contaminantes como microorganismos patógenos, metales pesados, productos químicos de industrias y compuestos orgánicos, que pueden tener un impacto en la salud de los seres vivos y en el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la calidad del agua es crucial para prevenir enfermedades y garantizar una vida saludable (Organización Mundial de la Salud, 2021). En este sentido, se evalúa considerando su potabilidad, lo que significa si el agua

### **2.1.4. AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

El agua para el consumo humano se refiere a la que se utiliza para beber, cocinar y otras actividades que implican el uso directo por parte de las personas. Para que el agua sea apta para el consumo humano, debe cumplir con ciertas especificaciones de calidad que aseguran la ausencia de contaminantes en niveles que puedan comprometer la salud. El agua potable tiene que estar exenta de patógenos capaces de provocar enfermedades, además de metales pesados, sustancias químicas o elementos radiactivos que pudieran resultar tóxicos o cancerígenos (Organización Mundial de la Salud, 2021).

La claridad del agua es un aspecto esencial para el bienestar de las personas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), es fundamental que el agua destinada para el consumo humano no contenga productos químicos dañinos ni gérmenes que puedan causar enfermedades o repercusiones adversas en la salud a largo plazo. En particular, la presencia de metales pesados en el agua puede ocasionar varios efectos nocivos,

como envenenamiento a largo plazo, daño neurológico, trastornos y problemas en los riñones, así como el cáncer (Organización Mundial de la Salud, 2021).

#### **2.1.5. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)**

Son criterios técnicos y regulaciones diseñadas por entidades gubernamentales para controlar la calidad del agua en un país o zona. Estos criterios establecen los límites máximos aceptables para ciertos contaminantes en cuerpos de agua que se utilizan para el consumo humano, actividades agrícolas, recreación o la conservación de la vida acuática. En Perú, el establecimiento de los ECA es responsabilidad del Ministerio del Ambiente (MINAM), cuyo propósito es salvaguardar la salud de las personas, los ecosistemas acuáticos y asegurar un uso sostenible del agua. El Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM regula los ECA del agua en Perú, definiendo los límites aceptables para varios contaminantes, incluyendo metales pesados como mercurio, plomo, arsénico y cadmio, entre otros. Estos límites son esenciales para la gestión ambiental y la salud pública, y sirven como guía para determinar la calidad del agua en ríos, lagos y otras fuentes de agua. Cuando los niveles de contaminación superan los valores fijados en los ECA, el agua se considera no apta para el consumo humano y otras actividades, lo que puede acarrear peligros para la salud y el medio ambiente (Alarcon, 2024).

#### **2.1.6. NORMATIVA Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN PERÚ**

El DS N° 031-2010- SA, establece los estándares de calidad ambiental para los cuerpos hídricos, definiendo los límites máximos permitidos para metales pesados en el agua que se destina para el consumo humano. De acuerdo con esta norma, el agua potable debe mantenerse por debajo de ciertos niveles de contaminantes, como arsénico, mercurio y plomo. Es crucial realizar un seguimiento de la calidad del agua para garantizar el respeto de estos estándares y proteger la salud de la población de la exposición a sustancias contaminantes (Ministerio del Ambiente, 2017).

#### **2.1.7. MANANTIALES**

Las floraciones de agua subterránea que emergen a la superficie son un recurso valioso, especialmente cuando su calidad es adecuada para el consumo humano y otros usos. La

calidad natural del agua varía en función de las condiciones geológicas a través de las cuales circula. Antes de llegar a la superficie, el agua recorre kilómetros entre rocas, sedimentos y suelos, donde, en muchos casos, se enriquece con minerales y sustancias esenciales para los seres vivos. Durante este viaje, el agua puede mejorar su calidad al eliminar ciertos elementos de forma natural. Sin embargo, también existe el riesgo de que se contamine debido a la influencia de actividades humanas. (Calcina, 2016)

La calidad del agua puede verse afectada por el pastoreo de ovinos y la ganadería. En el estudio realizado, se observó que muchos manantiales que previamente contaban con un flujo constante de agua, se secaron debido a la sequía. Esta reducción en el caudal podría atribuirse a la falta del componente de flujo base en los manantiales, así como a la disminución del flujo de aguas subterráneas. (Calcina, 2016)

### **2.1.8. CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE MANANTIALES**

La calidad de los manantiales es excelente para diversos usos, a pesar de que la calidad bacteriológica presenta algunas preocupaciones. En cuanto a su estado de conservación y operación, solo el 27% de estos recursos enfrenta problemas serios de manejo eficiente, lo que pone en peligro su sostenibilidad. No obstante, nuestro estudio revela que la calidad química, física y microbiológica del agua de estos manantiales no presenta contaminación, lo que la hace apta tanto para el consumo humano como para el uso en la ganadería, especialmente para los ovinos sudamericanos y la formación de bofedales. Estos resultados se encuentran dentro de los parámetros de calidad del agua establecidos en los límites máximos permisibles. (DS 031-2010-SA)

### **2.1.9. CONTROL Y SUPERVISIÓN DE CALIDAD**

#### **2.1.9.1. Control de calidad.**

El control de calidad del agua para consumo humano es ejercido por el proveedor en el sistema de abastecimiento de agua potable. En este sentido, el proveedor a través de sus procedimientos garantiza el cumplimiento de las disposiciones y requisitos sanitarios del presente reglamento, y a través de prácticas de autocontrol, identifica fallas y adopta

las medidas correctivas necesarias para asegurar la inocuidad del agua que provee. (DS N° 031-2010-SA)

#### **2.1.9.2. Supervisión de Calidad.**

La Autoridad de Salud, la SUNASS, y las Municipalidades en sujeción a sus competencias de ley, supervisan en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano de su competencia el cumplimiento de las disposiciones y los requisitos sanitarios del presente reglamento. (DS N° 031-2010-SA)

#### **2.1.9.3. Autocontrol de calidad.**

(DS N° 031-2010-SA). El autocontrol de la calidad del agua para consumo humano es una responsabilidad del proveedor, que se define y rige como:

El conjunto de actividades realizadas, para identificar, eliminar o controlar todo riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua, desde la captación hasta el punto en donde hace entrega el producto al consumidor, sea éste en la conexión predial, pileta pública, surtidor de tanques cisterna o el punto de entrega mediante camión cisterna, para asegurar que el agua de consumo se ajuste a los requisitos normados en el presente Reglamento

La verificación de la eficiencia y calidad sanitaria de los componentes del sistema de abastecimiento

La sistematización de los reclamos y quejas de los consumidores sobre la calidad del agua que se suministra u otros riesgos sanitarios generados por el sistema de abastecimiento, a fin de adoptar las medidas correctivas correspondientes

La aplicación del plan de contingencia para asegurar la calidad del agua para consumo en casos de emergencia.

#### **2.1.9.4. Plan de control de calidad del agua (PCC).**

(DS N° 031-2010-SA). El autocontrol que el proveedor debe aplicar es sobre la base del Plan de Control de Calidad (PCC) del sistema de abastecimiento del agua para consumo humano que se sustenta en los siguientes principios:

- Identificación de peligros, estimación de riesgos y establecimiento de las medidas para controlarlo
- Identificación de los puntos donde el control es crítico para el manejo de la inocuidad del agua para consumo humano
- Establecimiento de límites críticos para el cumplimiento de los puntos de control
- Establecimiento de procedimientos para vigilar el cumplimiento de los límites críticos de los puntos de control
- Establecimiento de medidas correctivas que han de adoptarse cuando el monitoreo indica que un determinado punto crítico de control no está controlado
- Establecimiento de procedimientos de comprobación para confirmar que el sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control funciona en forma eficaz
- Establecimiento de un sistema de documentación sobre todos los procedimientos y los registros apropiados para estos principios y su aplicación.

#### **2.1.9.5. Niveles de plan de control de calidad del agua.**

(DS N° 031-2010-SA). De acuerdo a los sistemas de abastecimiento y ámbitos de residencia, se establecen tres niveles de planes de control de calidad:

- **Plan de control de calidad de nivel I (PCC-I).** Proveedores que abastecen de agua mediante sistemas convencionales en áreas urbanas y periurbanas
- **Plan de control de calidad de nivel II (PCC-II).** Proveedores que abastecen de agua mediante camiones cisternas u otros servicios prestados en condiciones especiales en las áreas urbanas y periurbanas
- **Plan de control de calidad de nivel III (PCC-III)** Proveedores que abastecen de agua mediante sistemas convencionales y otros servicios prestados en condiciones especiales en áreas rurales. La Autoridad de Salud de nivel nacional normará los planes de control de calidad.

#### **2.1.9.6. Análisis de peligros y de puntos críticos de control.**

(DS N° 031-2010-SA). El plan de control de calidad señalado en el artículo 22° se aplica con arreglo a lo siguiente:

- El proveedor prepara el plan de control de calidad del agua sustentado en el análisis de peligros y de puntos críticos de control que incluye la fuente, la captación, producción, sistema de tratamiento y sistema de distribución, ciñéndose al presente Reglamento y la norma que emita la Autoridad de Salud de nivel nacional
- El proveedor presentará a la Dirección Regional de Salud o Gerencia Regional de Salud o Dirección de Salud de la jurisdicción en donde opera, el plan de control de calidad del agua sustentado en el análisis de peligros y de puntos críticos de control, para fines de aprobación, registro y auditorías correspondientes
- El proveedor deberá efectuar periódicamente todas las verificaciones y controles que sean necesarias para corroborar la correcta aplicación del plan de control de calidad del agua sustentado en el análisis de peligros y de puntos críticos de control
- Cada vez que ocurran cambios en las operaciones o procesos, tanto en el sistema de tratamiento como en el sistema de distribución del agua, que modifique la información sobre el análisis de riesgos en los puntos de control críticos, el proveedor efectuará las verificaciones correspondientes orientadas a determinar si el plan de control de calidad del agua sustentado en el análisis de peligros y de puntos críticos de control es apropiado o requiere modificaciones para cumplir los requerimientos sanitarios, los cuales serán informados a la DIRESA o GRS o DISA.

#### **2.1.10. REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

Agua apta para el consumo humano. Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos en el presente Reglamento. (DS 031-2010 - SA)

##### **2.1.10.1. Parámetros microbiológicos.**

La garantía de la inocuidad microbiana en los abastecimientos de agua para consumo humano se fundamenta en la implementación de diversas barreras, que van desde la captación del agua hasta su llegada al consumidor. Estas medidas tienen como objetivo prevenir la contaminación del agua potable o, en su defecto, reducirla a niveles que no representen un riesgo para la salud. Los principales riesgos microbiológicos están vinculados a la ingestión de agua contaminada con excrementos de humanos o animales,

incluidos los de aves. Estos desechos pueden ser portadores de diversos agentes patógenos, tales como bacterias, virus, protozoos. Muchas personas pueden estar en riesgo de contraer la enfermedad antes de que se identifique la contaminación. Por esta razón, para asegurar la inocuidad microbiana del agua destinada al consumo humano, no se puede depender únicamente del análisis del producto final, incluso si se lleva a cabo con regularidad. La incertidumbre sobre la seguridad del agua que consumimos puede poner en riesgo a la comunidad, propiciando brotes de enfermedades intestinales y otras infecciones. Es fundamental prevenir, en particular, los brotes de enfermedades transmitidas por el agua, ya que estas tienen la capacidad de afectar simultáneamente a un gran número de personas y potencialmente, a una amplia parte de la población. (Según DS 031-200 SA)

Toda agua destinada para el consumo humano, debe estar exenta de:

- Bacterias coliformes totales, termotolerantes y Escherichia coli
- Virus
- Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos
- Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos
- Para el caso de Bacterias Heterotróficas de menos de 500 UFC/ml a 35°C.

#### **2.1.10.2. Parámetros de calidad organoléptica.**

El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada monitoreo establecido en el plan de control, correspondientes a los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores señalados en el presente Reglamento. Del diez por ciento (10%) restante, el proveedor evaluará las causas que originaron el incumplimiento y tomará medidas para cumplir con los valores establecidos en el presente Reglamento. (DS 031-200- SA)

- **Color:** Esta propiedad es de gran relevancia, ya que influye en la estética del agua. Sus efectos más destacados están vinculados a la falta de transparencia, que puede

limitar la visibilidad de los peces y disminuir la cantidad de luz solar que se transfiere a través del agua. Los elementos que pueden alterar el color del agua provienen, por un lado, de fuentes orgánicas como los ácidos húmicos, la turba o el plancton, y por otro, de ciertos metales como el hierro, el manganeso o el cobre. (DS N° 031-2010-SA)

- **Olor:** No indica necesariamente la presencia de sustancias peligrosas en el agua, pero puede influir en su percepción, la cual es subjetiva. En el agua destinada al consumo, no debe haber olores ni en el momento de la muestra ni después. Algunos olores pueden originarse del ácido sulfhídrico, el cloro o los fenoles, entre otros.
- **Turbidez:** La presencia de sustancias suspendidas en el agua puede indicar una mala calidad, así como la existencia de arena o arcilla. Este es un factor ambiental de gran relevancia, ya que influye en la penetración de la luz y en la apariencia estética del agua. Además, estas impurezas pueden dificultar el proceso de desinfección y provocar olores o sabores desagradables, haciendo que el agua no sea apta para el consumo.
- **pH.** Es una medida del grado de acidez o alcalinidad del agua. Un pH neutro (alrededor de 7) es ideal para el consumo humano. Valores extremos pueden ser corrosivos o indicar contaminación química. (DS 031-200- SA)
- **Cloro y cloruros.** Es un gas de color amarillo verdoso que se disuelve fácilmente en agua. El cloro reacciona de manera sencilla con compuestos nitrogenados y, al permanecer en el agua después de su tratamiento, se transforma en cloro residual. Los cloruros pueden ocasionar un sabor poco agradable o provocar corrosión en las tuberías y depósitos.
- **Sulfatos:** Cuando el azufre se encuentra en su forma oxidada, presenta una gran solubilidad en agua. Sin embargo, esta solubilidad no se observa en el caso de los sulfatos de bario, plomo o estroncio. Los sulfatos son de gran utilidad como fuente de oxígeno para las bacterias, ya que pueden transformarse en sulfuro de hidrógeno.

- **Zinc:** Este elemento se encuentra en rocas y minerales, y su solubilidad en agua es limitada, lo que lleva a que su concentración en cuerpos de agua de tipo alcalino sea baja. Sin embargo, su presencia tiende a incrementarse en aguas ácidas. Es importante destacar que el cuerpo humano requiere este elemento, aunque en cantidades muy pequeñas, ya que es esencial para una nutrición adecuada
- **Sólidos suspendidos totales:** Su presencia en los cuerpos de agua naturales está influenciada por factores estacionales y los regímenes de caudal, además de verse afectada por la precipitación. La concentración de este elemento varía de un sector a otro, dependiendo de la hidrodinámica del cauce, el tipo de suelo, la vegetación, el lecho, las rocas y las actividades humanas como la agricultura y la minería, entre otras. Evaluar su presencia es de gran utilidad para determinar la calidad del agua, ya que impacta en la claridad del agua, la penetración de luz, la temperatura y el proceso de fotosíntesis. (Según DS 031-200 SA)

#### **2.1.10.3. Parámetros orgánicos e inorgánicos.**

Toda agua destinada para el consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos señalados en (DS 031-2010-SA)

### **2.2. MARCO NORMATIVO**

- Constitución Política del Perú. Es la norma suprema del ordenamiento jurídico peruano. Establece los principios fundamentales del Estado, los derechos y deberes de las personas, y la estructura del poder público. En materia ambiental y de agua, reconoce el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para su desarrollo (art. 2, inc. 22) y establece la obligación del Estado de promover el uso sostenible de los recursos naturales.
- Ley General del Ambiente. Establece los principios, enfoques y normas básicas para la gestión ambiental. Reconoce el agua como un componente esencial del ambiente y ordena su conservación, uso sostenible y tratamiento en condiciones que aseguren su disponibilidad y calidad para generaciones actuales y futuras

- Ley N° 26842.- Ley General de la Salud. Reconoce el acceso al agua potable como un componente esencial para garantizar el derecho a la salud. Establece principios de vigilancia sanitaria y define la competencia del Ministerio de Salud (MINSA) en la supervisión de la calidad del agua para consumo humano.
- Decreto Supremo N.° 031-2010-SA – Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano Establece los límites máximos permisibles de los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y radiactivos en el agua destinada a consumo humano en el Perú. Define las responsabilidades de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) y de la Autoridad Nacional en cuanto a la vigilancia y control de la calidad del agua.
- Ley N.° 29338 – Ley de Recursos Hídricos. Reconoce al agua como un recurso natural renovable de valor económico, social y ambiental. Establece la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos, priorizando el uso poblacional (consumo humano y doméstico) por encima de otros usos.
- Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM – Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Fija los estándares de calidad ambiental para distintos usos del agua (consumo humano, riego, recreación, entre otros). Sirve como referencia para el monitoreo ambiental y la toma de decisiones en materia de gestión hídrica.
- Norma Técnica Peruana NTP 900.058:2021 – Agua potable. Requisitos. Establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para ser considerada apta para el consumo humano según parámetros de seguridad y salubridad.
- Ley General de Salud – Ley N.° 26842. Define como derecho de toda persona el acceso a servicios de salud y condiciones básicas, incluyendo el acceso a agua potable segura. La promoción de un ambiente saludable incluye la provisión de agua libre de contaminantes.
- Resolución Ministerial N.° 192-2018-MINSA – Lineamientos para la Vigilancia Sanitaria de la Calidad del Agua para Consumo Humano Brinda orientaciones para la supervisión, evaluación y control sanitario del agua de consumo humano,

especialmente en zonas rurales y comunidades sin acceso a redes públicas de agua potable. Constitución Política del Perú – Artículo 7 y 9.

- Reconoce el derecho a la salud y la obligación del Estado de garantizar las condiciones necesarias para su ejercicio, lo que incluye el acceso a agua segura.
- RM N° 647-2010-MINSA: Aprueban Guía Técnica para la implementación, Operación y mantenimiento del “Sistema de Tratamiento Intradomiciliario de agua para consumo humano
- Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA: "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales"-, que forma parte integrante de la presente Resolución.
- Resolución Directoral N° 160-2015-DIGESA/SA: “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transportes, almacenamiento y recepción de las muestras de agua.

### 2.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Sólidos disueltos.** Todos los elementos que no son ni agua ni gases, y que pueden encontrarse disueltos o en suspensión, se presentan como sólidos, ya sean volátiles o no volátiles. Los sólidos disueltos juegan un papel importante en la salinidad y la conductividad.
- **Conductividad.** El agua tiene la capacidad de transportar corriente eléctrica, y está conductividad depende de las especies iónicas presentes. Además, la temperatura del agua también influye en este proceso.
- **Radiactividad.** La radiactividad puede tener su origen en elementos naturales como el uranio, el actinio o el torio, así como en productos de descomposición. Estos productos pueden provenir tanto de fuentes naturales como de actividades humanas, como la extracción de minerales. Es importante destacar que la mayoría de los compuestos radiactivos presentan baja solubilidad en el agua y no generan niveles elevados de radiactividad.

- **Potencial de Hidrógeno (pH).** El pH de la mayoría de los cuerpos de agua varía entre 6.8 y 8.5, siendo 7 el nivel que refleja la mejor calidad. Cuando el pH se encuentra por debajo de este valor, se clasifica como ácido, mientras que si supera 7, se considera alcalino. La solubilidad de varios metales está relacionada con la presencia del pH, lo que lo convierte en un elemento de gran importancia en la investigación del Índice de Calidad del Agua (ICA) (Herrera - Christian- Custodio, 2014)
- **Materia orgánica.** Se puede encontrar en forma disuelta en partículas y se pueden clasificar en dos grupos según su biodegradabilidad. Para medirla, se emplean los parámetros de demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO).
- **Demanda química de oxígeno (DQO).** Se trata de la evaluación equivalente del contenido de materia orgánica. Esta variable tiene una gran relevancia, ya que permite medir de manera rápida la contaminación en los cuerpos de agua naturales. En aguas superficiales, las concentraciones no deben exceder los Límites de Concentración Ambiental (ECA) establecidos para el agua (Choquecota., 2023)
- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).** Este parámetro mide la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar, oxidar o estabilizar la materia en ausencia de aire, lo que resulta en la producción de Materia Orgánica Natural (MON). En Perú, se han identificado diversos lugares donde este indicador supera los estándares establecidos por el ECA – Agua, y el lago Titicaca no es una excepción (Arzo Maryland. et. al, 2016)
- **Nitrógeno Total.** Su presencia es de suma importancia, ya que aporta una considerable cantidad de nutrientes a la biota de los cuerpos de agua. Sin embargo, los niveles elevados que se observan se deben al ingreso de aguas residuales domésticas de origen antrópico, que no han recibido un tratamiento adecuado. Estas aguas pueden provocar procesos de nitrificación y eutrofización, debido a distintas concentraciones de nitratos. Su presencia en el agua es relevante, ya que favorece

el crecimiento de algas y otras especies, siempre y cuando se mantenga dentro de los límites establecidos en los ECA (Espacios de Calidad del Agua) (Calcina, 2016).

- **Fósforo.** El principal factor que contribuye a la eutrofización de las aguas es el ingreso de nutrientes, que se origina tanto por el inadecuado tratamiento de las aguas residuales domésticas como por la escorrentía de la actividad agrícola. Esta alta concentración de nutrientes favorece el crecimiento excesivo de algas en los cuerpos de agua naturales (Huanca, 2012).
- **Aceites y grasas.** Los lípidos son altamente estables e inmiscibles en agua. En su mayoría, provienen de desperdicios orgánicos, aunque los aceites minerales se originan de otras actividades. En el contexto acuático, las ceras, grasas y aceites son los lípidos más relevantes. La categoría de aceites y grasas abarca los ésteres de ácidos grasos de cadena larga, que están constituidos por compuestos con extensas cadenas de hidrocarburos. Estos últimos suelen presentar un grupo de ácido carboxílico en un extremo y son solubles en disolventes orgánicos, pero muy insolubles en agua, debido a la larga estructura hidrofóbica de los hidrocarburos. Estos compuestos son una fuente de alimento para las bacterias, ya que pueden ser hidrolizados en ácidos grasos y alcoholes correspondientes (Martínez, 2019)
- **Hidrocarburos Totales de Petróleo.** Este compuesto presenta una solubilidad muy baja en agua y es altamente tóxico para los organismos acuáticos. Su presencia en el medio ambiente, especialmente en los cuerpos de agua, se debe a diversos accidentes, ya sea provenientes de industrias o como subproductos de su uso comercial y privado. Cuando ocurre un derrame de hidrocarburos totales de petróleo (HTP) en el agua, algunas de estas fracciones más ligeras tienden a flotar, formando una delgada película en la superficie. Por otro lado, las fracciones más pesadas se depositan en el sedimento del fondo, lo que puede tener un impacto negativo en peces y otros organismos que se alimentan en esa zona (ANA, 2018).

- **Detergentes.** Estas sustancias poseen excelentes propiedades de limpieza y están formadas por surfactantes y minerales. Son especialmente comunes ya que logran reducir la tensión superficial del agua.
- **Cloro y cloruros.** Es un gas de color amarillo verdoso que se disuelve fácilmente en agua. El cloro reacciona de manera sencilla con compuestos nitrogenados y, al permanecer en el agua después de su tratamiento, se transforma en cloro residual. Los cloruros pueden ocasionar un sabor poco agradable o provocar corrosión en las tuberías y depósitos.
- **Fluoruros.** Por lo general, los compuestos que se forman con cationes monovalentes son solubles en agua, mientras que aquellos que se originan con cationes divalentes no presentan esta solubilidad.
- **Sulfato.** Cuando el azufre se encuentra en su forma oxidada, presenta una gran solubilidad en el agua. Sin embargo, esta solubilidad no se observa en el caso de los sulfatos de bario, plomo o estroncio. Los sulfatos son de gran utilidad como fuente de oxígeno para las bacterias, ya que pueden transformarse en sulfuro de hidrógeno.
- **Metales.** En esta categoría se agrupan los compuestos formados por diversos elementos metálicos, cuyas características varían según el metal presente en ellos. Los compuestos que contienen mercurio o cadmio son especialmente comunes y pueden tener efectos significativos en el medio ambiente y la salud. El mercurio es conocido por su alta toxicidad, mientras que el cadmio generalmente se encuentra en estado divalente. Algunos compuestos de cadmio, como los sulfuros, carbonatos e hidróxidos, pueden mostrar baja solubilidad. Por otro lado, los iones de cadmio son capaces de disminuir el pH y resultan extremadamente tóxicos cuando se acumulan en el organismo.
- **Pesticidas.** Los pesticidas pueden clasificarse según sus características químicas o su uso, como en el caso de los herbicidas y fungicidas. La toxicidad de estos compuestos en el agua está relacionada con la naturaleza de los mismos y con las

especies que habitan en ese medio. En general, los herbicidas presentan una toxicidad menor en comparación con los insecticidas; sin embargo, los pesticidas fosforados son considerados más perjudiciales para la salud humana.

- **Cadmio.** Los minerales de zinc y plomo son los principales responsables de que este elemento se presente en forma de sulfuro, ya que los residuos mencionados provocan una reacción química que da lugar a la formación de cadmio
- **Coliformes Termotolerantes.** La presencia de contaminación fecal en las aguas superficiales se atribuye a una inadecuada gestión de los residuos sólidos por parte de los municipios y los habitantes de las áreas cercanas a estos cuerpos de agua
- **Arsénico.** El arsénico es un metal pesado que resulta tóxico y venenoso. En el agua, se presenta en forma de arsenito ( $\text{AsO}_2$ ) y arseniato ( $\text{AsO}_4^{3-}$ ). Su presencia puede deberse al uso inadecuado o a las descargas industriales que emplean este material en diversos procesos
- **Mercurio.** El hombre que se dedica a la actividad minera es el principal responsable de la aparición de este material en aguas contaminadas. Aunque no es común encontrarlo en la naturaleza, su presencia y la ingestión de este pueden provocar diversas enfermedades, albergando en el cerebro y, en última instancia, causando la muerte (Bibiano, 2015)
- **Plomo.** Este material, aunque no tiene una gran relevancia en la corteza terrestre, resulta extremadamente tóxico para los organismos acuáticos cuando se encuentra en el agua. Su nivel de toxicidad puede variar considerablemente, dependiendo de la calidad del agua y de los organismos que se estén estudiando. En Puno, se ha detectado su presencia en los ríos Coata, Ramis y otros, debido a la actividad minera, superando los límites establecidos por el ECA - Agua
- **Clorofila.** En este parámetro se evalúa la biomasa de los fitoplanctónicos, los cuales, al ser plantas verdes, contienen clorofila A. Se ha observado que la concentración de clorofila A representa entre el 1% y el 2% del peso seco total del plancton

- **Zinc.** Este elemento se encuentra en rocas y minerales, y su solubilidad en agua es limitada, lo que lleva a que su concentración en cuerpos de agua de tipo alcalino sea baja. Sin embargo, su presencia tiende a incrementarse en aguas ácidas. Es importante destacar que el cuerpo humano requiere este elemento, aunque en cantidades muy pequeñas, ya que es esencial para una nutrición adecuada
- **Sólidos suspendidos totales.** Su presencia en los cuerpos de agua naturales está influenciada por factores estacionales y los regímenes de caudal, además de verse afectada por la precipitación. La concentración de este elemento varía de un sector a otro, dependiendo de la hidrodinámica del cauce, el tipo de suelo, la vegetación, el lecho, las rocas y las actividades humanas como la agricultura y la minería, entre otras. Evaluar su presencia es de gran utilidad para determinar la calidad del agua, ya que impacta en la claridad del agua, la penetración de luz, la temperatura y el proceso de fotosíntesis
- **Temperatura.** Es una medida del grado de calor del agua. Afecta directamente la solubilidad de gases (como el oxígeno) y la actividad biológica. El agua potable debe mantenerse dentro de un rango que no favorezca el crecimiento microbiano ni altere sus características organolépticas.
- **Oxígeno disuelto (OD).** Es la cantidad de oxígeno disponible en el agua para los organismos acuáticos. Aunque no afecta directamente al consumo humano, es un buen indicador de la calidad del agua y la presencia de materia orgánica.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).** Mide la cantidad de oxígeno requerido por microorganismos para descomponer materia orgánica biodegradable en el agua. Valores altos indican una carga orgánica elevada, lo que puede afectar la potabilidad.
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO).** Mide la cantidad de oxígeno necesario para oxidar toda la materia orgánica e inorgánica presente en el agua. Se utiliza como un indicador de contaminación orgánica total.
- **Nutrientes (nitratos, nitritos, fosfatos).** Son compuestos químicos necesarios para el crecimiento de organismos, pero en altas concentraciones pueden causar

eutrofización o efectos tóxicos. En el caso del consumo humano, los **nitratos y nitritos** son particularmente peligrosos para la salud, especialmente en niños.

- **Coliformes totales.** Son un grupo de bacterias presentes en el ambiente, suelos, y vegetación. Su presencia en el agua no necesariamente indica contaminación fecal, pero sí la posible existencia de condiciones que favorecen el crecimiento bacteriano.
- **Escherichia coli (E. coli).** Es una bacteria perteneciente al grupo de coliformes fecales. Su presencia en el agua indica **contaminación fecal reciente** y riesgo elevado de enfermedades gastrointestinales y otras infecciones en humanos. Es un indicador clave en el análisis microbiológico del agua potable.

## 2.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

### 2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad de agua para consumo humano en la comunidad Amaquilla Central de la provincia de Yunguyo, 2025. Supera los estándares de los parámetros establecidos en el DS N° 031-2010-SA, para el consumo humano.

### 2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La concentración de los parámetros microbiológicos en la comunidad Amaquilla Central de la provincia de Yunguyo, presenta concentraciones altamente significativas sobrepasando los límites permitidos para agua destinada al consumo humano.
- La concentración del parámetro organoléptico en la comunidad Amaquilla Central de la provincia de Yunguyo, presenta concentraciones altamente significativas con respecto a los estándares de calidad ambiental establecidos para salud.
- La concentración de los parámetros químicos orgánicos e inorgánicos en la comunidad Amaquilla Central de la provincia de Yunguyo, presenta concentraciones altamente significativas con respecto a los estándares de calidad ambiental establecidos para salud.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el manantial, ubicado en el entorno rural del centro poblado de Tacapisi, dentro del distrito de Copani. Se encuentra a una altitud aproximada de 3842 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas de Latitud Sur:  $16^{\circ} 22' 9.5''$  S (-16.36929541000) y Longitud Oeste:  $69^{\circ} 2' 18.7''$  W (-69.03851651000). Esta localidad está situada en el sur de la provincia de Yunguyo y en la región central del departamento de Puno. Los recursos predominantes son las praderas naturales, como se puede apreciar en la figura.

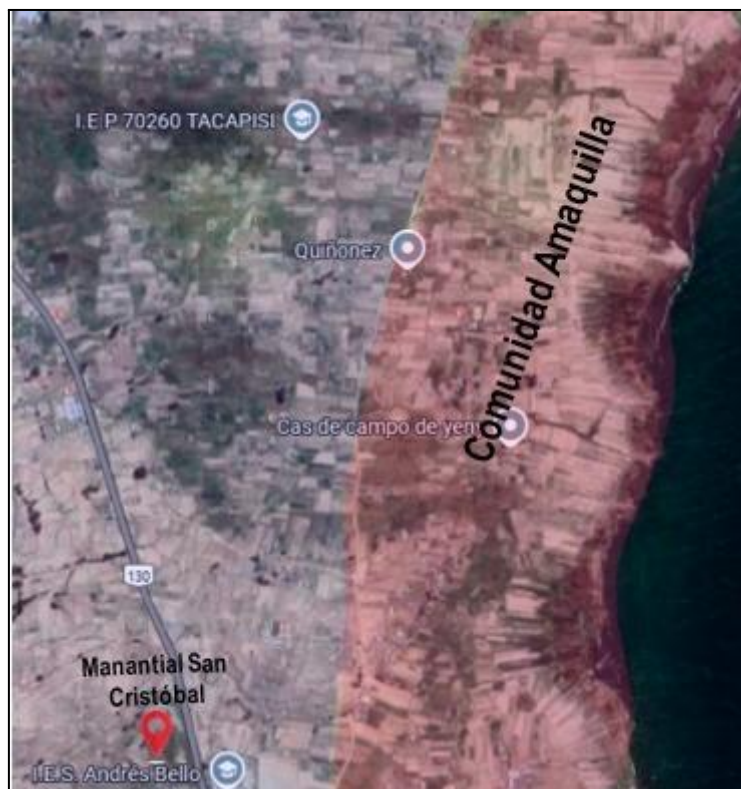


**Figura 01:** Manantial “San Cristóbal” Amaquilla Central.

**Fuente:** Google maps: Georreferencia.

La Comunidad de Amaquilla Central se ubica en el distrito de Copani, provincia de Yunguyo, con una extensión de 47.37 km<sup>2</sup> y a una altitud de 3,854 metros sobre el nivel del mar, se encuentra en el extremo sur de Yunguyo. Limita al norte con el distrito de

Yunguyo, al sur y al oeste con el distrito de Zepita, y al este con el Lago Titicaca, específicamente en su sección más pequeña conocida como Lago Menor o Huiñamarca.



**Figura 02:** Ubicación de la Comunidad Amaquilla

**Fuente:** Google maps: Georreferencia

### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.2.1. POBLACIÓN

La población del presente estudio está conformada por todos los habitantes de la comunidad Amaquilla Central, ubicada en el distrito de copani y provincia de Yunguyo, región Puno, durante el año 2025. Según registros del Centro de Salud local y del Censo Nacional del INEI, se estima que la comunidad cuenta con aproximadamente 50 a 75 personas, distribuidas en hogares rurales que, en su mayoría, acceden al agua mediante sistemas básicos como pilones comunales, pozos, o captación de manantiales.

La población es predominantemente aymara y/o quechua hablante, dedicada a actividades agrícolas y ganaderas, lo que hace que el acceso a agua potable segura sea un factor clave para la salud pública, la calidad de vida y el desarrollo social. La presente

investigación contempla a la totalidad de los pobladores como población objetivo, dado que todos consumen agua del sistema comunal y están potencialmente expuestos a los riesgos derivados de una mala calidad del recurso hídrico.

### 3.2.2. MUESTRA

El tipo de muestra fue no probabilístico según criterio del investigador (Hernández & Mendoza, 2018) por lo que, en la investigación se tomó como muestra 4 puntos del manantial.

**Tabla 01:** Puntos de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO	LUGAR	COORDENADAS UTM
P1	Manantial	19L 0391245 E - 8412630 N
P2	Reservorio	19L 0391180 E - 8412580 N
P3	Primera vivienda	19L 0391320 E - 8412690 N
P4	Última vivienda	19L 0391290 E - 8412540 N

### 3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS

Para el estudio actual se aplicaron métodos de observación directa y muestreo del entorno, con la finalidad de obtener información precisa acerca de la calidad del agua del manantial "San Cristóbal", situado en el distrito de Copani, en la provincia de Yunguyo y el departamento de Puno, durante el año 2025. Las metodologías elegidas y los instrumentos utilizados fueron determinados según la naturaleza de las variables. Parámetros de LMP y Calidad de agua, tomando en cuenta los estándares nacionales establecidos por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y el Ministerio del Ambiente (MINAM).

**Objetivo específico 01:** Se verificó la calidad de agua para consumo humano, según parámetro microbiológico de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo. La técnica utilizada para este objetivo fue de muestreo microbiológico y observación directa, los materiales e instrumentos utilizados fue:

## MATERIALES

### Materiales de campo.

- Lapicero.
- Tablero.
- Material cartográfico.
- Cuaderno de campo.
- Libreta de campo
- Guantes quirúrgicos
- Mandil flanco
- Casco blanco
- Base de tecnopor

### Equipos e instrumentos.

- GPS.
- Cámara fotográfica.
- Laptop.
- DS N° 031-2010-SA
- Laboratorios

**Objetivo específico 02:** se evidenció la calidad de agua para consumo humano según parámetro organoléptico de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo.

La técnica utilizada para este objetivo fue de observación directa y muestreo puntual de agua superficial, los instrumentos utilizados fueron los siguientes:

- Botellas de polietileno de alta densidad (HDPE) previamente esterilizadas.
- Sonda multiparamétrica para mediciones in situ (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica).

**Objetivo específico 03:** Se constató la calidad de agua para consumo humano según parámetro químico-inorgánico de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo.

La técnica utilizada para este objetivo fue de muestreo químico-inorgánico y observación directa, los instrumentos utilizados fue:

- Frascos estériles de 500 mL (vidrio borosilicato o polipropileno).
- Guantes quirúrgicos, pinzas de acero inoxidable, etiquetas impermeables.
- Torres de filtración y medios de cultivo para coliformes totales, Escherichia coli y enterococos fecales.
- Termómetro digital para control de temperatura de transporte.

El muestreo se realizó en los mismos cuatro puntos definidos para el objetivo anterior, siguiendo los lineamientos del mismo protocolo de la ANA (2016). Las muestras fueron tomadas en zonas de corriente activa a 15-25 cm de profundidad. Se garantiza la asepsia en todo momento y se dejó un espacio libre en el frasco para su agitación en laboratorio. Las muestras fueron refrigeradas a 4°C y trasladadas en un periodo de 4 a 6 horas; en caso de distancias mayores, se utilizó tiosulfato de sodio para preservar su viabilidad. También se aplicó la cadena de custodia con registros detallados del muestreo, transporte y recepción en laboratorio, conforme a estándares del DS N° 031-2020-SA.

Ambas técnicas están orientadas a garantizar la validez y confiabilidad de los datos, utilizando procedimientos normalizados de muestreo, conservación y análisis. Esta metodología permitirá comparar los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la normativa ambiental vigente en el Perú.

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 02:** Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
	Microbiológicos	Bacterias Coliformes Totales, E. coli	UFC/100mL
		Bacterias Coliformes Termotolerante o fecales	mgL
<b>VI:</b> Parámetro	Organolépticos	Olor, Sabor, Color, Turbidez, pH, Cl	mg
	Fisicoquímicos	Sólidos totales, Cloruros, Sulfatos	
	Parámetros Químicos	Dureza total	mg As L-1
	- Inorgánico	Arsénico, Cadmio, cromo total, Mercurio, Nitratos, Nitritos, Plomo,	
	Dimensión Física	Temperatura, Color, Turbidez, sabor	mgL
<b>VD:</b>		olor, Conductividad eléctrica	
Calidad	Dimensión química	pH, Oxígeno disuelto (OD), Demand	mgL
agua		Bioquímica de Oxígeno (DBO	
	Dimensión microbiológica	Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nutrientes	
		Coliformes totales, Escherichia coli	

### 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

El enfoque de este estudio fue no experimental puesto que se enfocó en describir las variables considerando la recolección de datos en un único instante (Hernández et al., 2014). La investigación se clasificó como descriptivo-transversal, que posibilita detallar las particularidades del fenómeno investigado. Se utilizó un método cuantitativo en la investigación, que se fundamenta en la interpretación de hechos concretos para examinar un grupo específico, dado que presenta alta confiabilidad (Arroyo, 2020).

### **Comparación con los Límites Máximos Permisibles**

Una vez obtenidos los valores de los parámetros, se procedió a compararlos con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la normativa nacional para agua potable. Esta comparación se realizará utilizando los siguientes procedimientos: Cálculo del porcentaje de cumplimiento: Se calculó el porcentaje de muestras que cumplen con los LMP para cada parámetro, según las normativas vigentes. Cálculo del porcentaje de incumplimiento: Se calculó el porcentaje de parámetros que excedan los valores permitidos para cada parámetro.

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO

Determinar la calidad de agua para consumo humano según parámetro microbiológico de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo.

**Tabla 03:** Parámetros microbiológicos

Parámetros	M1	M2	M3	M4
Coliformes totales	<10	<40	<25	<30
Coliformes termotolerantes	<3	<16	<7	<5
Escherichia coli	<1	<5	<2	<3

**Tabla 04:** Coliformes totales

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-SA
Coliformes totales	<10	<40	<25	<30	<26.25	<1.8/100ml

**Interpretación:** El promedio de coliformes totales de (tabla N° 03) en las muestras analizadas es de <26.25 NMP/100ml, lo que está muy por encima del límite máximo permitido por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, el cual es de <1.8 NMP/100ml. Esto indica que la calidad del agua en el lugar de muestreo no cumple, por lo que presenta un alto riesgo de contaminación. Este resultado coincide con lo señalado por Rodríguez (2024), quien en el Atlas marroquí identificó que el 83% de los manantiales presentaban contaminación por E. coli y coliformes totales, superando los límites de la OMS, lo que

demuestra que la contaminación biológica es un problema común en fuentes naturales no tratadas. Asimismo, Loría (2024) halló coliformes fecales en el 100% de las muestras analizadas en Marruecos, concluyendo que incluso aguas con buenas condiciones fisicoquímicas pueden ser no aptas para consumo si no se aplican tratamientos de desinfección. De manera similar, Medina (2024) en Arequipa reportó coliformes totales y fecales en el 100% de las muestras, clasificando el agua como no apta para consumo humano, resultados que respaldan la gravedad del hallazgo en Amaquilla Central. Además, Ávalos (2024) y Melo (2024) demostraron la relación directa entre la concentración de células microbianas y la presencia de bacterias fecales, lo que refuerza la interpretación de que la contaminación observada tiene un origen biológico posiblemente vinculado a infiltraciones superficiales o falta de saneamiento.

**Tabla 05:** Coliformes termotolerantes

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-SA
Coliformes termotolerantes	<3	<16	<7	<5	<7.75	<1.8/100ml

**Interpretación:** El promedio de coliformes termotolerantes en las muestras analizadas es de <7.75 NMP/100ml, lo cual está por encima del límite máximo permitido por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, que es de <1.8 NMP/100ml. Esto indica que la calidad del agua no cumple con la normativa y presenta un riesgo de contaminación fecal. La presencia de estas bacterias sugiere la posible existencia de microorganismos patógenos que pueden causar enfermedades. Este hallazgo coincide con lo señalado por Rodríguez (2024), quien identificó altos niveles de *E. coli* (15–45 UFC/100 ml) y coliformes totales en manantiales del Atlas marroquí, asociando su presencia con deficiente saneamiento y filtraciones superficiales. De igual forma, Loría (2024) reportó coliformes fecales en el 100% de sus muestras, indicando que incluso fuentes naturales pueden ser reservorios de patógenos si no reciben tratamiento. En el contexto nacional, Medina (2024) evidenció en Arequipa contaminación generalizada por coliformes termotolerantes en todas las

muestras, clasificando el agua como no apta para consumo humano. Además, estudios de Ávalos (2024) y Melo (2024) demostraron una correlación positiva entre la concentración de células microbianas y bacterias fecales, reforzando que la contaminación tiene un origen biológico y puede ser intermitente. En contraste, Guerra (2024) y Boglione (2025) registraron manantiales de buena calidad sanitaria debido a un entorno menos intervenido, lo que resalta la vulnerabilidad de las fuentes en Amaquilla Central. En síntesis, la elevada presencia de coliformes termotolerantes refleja deficiencias en la protección y tratamiento del agua, advirtiendo un riesgo potencial de enfermedades gastrointestinales y la necesidad urgente de implementar medidas de desinfección y control sanitario permanente.

**Tabla 06:** Escherichia coli

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-SA
E. coli	<1	<5	<2	<3	<2.75	<1.8/100ml

**Interpretación:** El promedio de *E. coli* en las muestras analizadas es de <2.75 NMP/100ml, lo cual está por encima del límite máximo permitido por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, que es de <1.8 NMP/100ml. Esto indica que la calidad del agua no cumple con la normativa. La presencia de *E. coli* es un indicador directo y fiable de contaminación fecal y, por lo tanto, la posible existencia de patógenos que pueden causar enfermedades. Según Rodríguez (2024) En lo que respecta al análisis microbiológico, se identificaron niveles significativos de contaminación por coliformes totales, *Escherichia coli* y enterococos intestinales en la mayoría de las muestras, superando los valores permitidos por las normativas nacionales e internacionales, coincide con los resultados de la presente investigación, porque se encuentran fuera de los parámetros establecidos del DS N° 031-2010-SA.

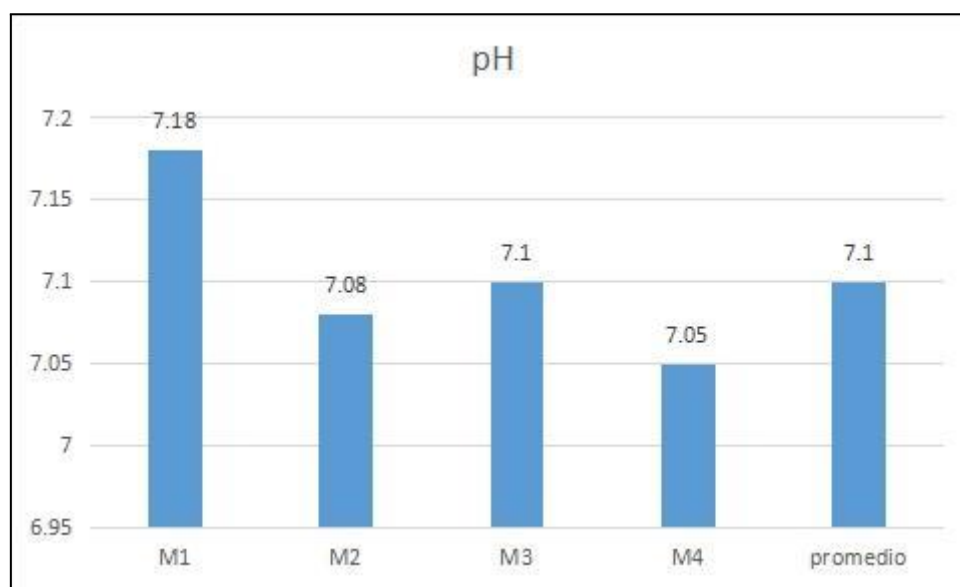
**Objetivo específico 02: Analizar la calidad de agua para consumo humano según parámetro organoléptico de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo.**

**Tabla 07:** Parámetros organolépticos

Parámetros	M1	M2	M3	M4
pH	7.18	7.08	7.10	7.05
CE	0.17	0.09	0.04	0.08
Sólidos disueltos totales	0.07	0.05	0.02	0.04
Turbidez	0.003	0.002	0.001	0.002
Dureza total	98.80	53.20	22.80	30.40
Cloruros	17.02	14.18	11.34	9.92
Sulfatos	100	08	92	04

**Tabla 08:** Parámetro de pH

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-SA
pH	7.18	7.08	7.10	7.05	7.10	6.5-8.5



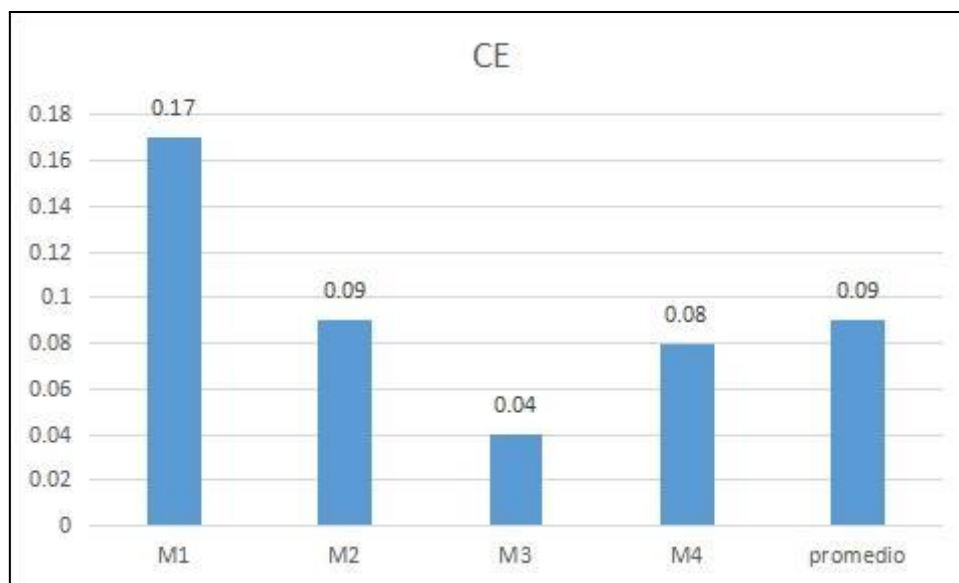
**Figura 03:** pH. Permitido por el DS N° 031-2010-SA

**Interpretación:** El pH promedio de las muestras es 7.10 (gráfica 01, Tabla 7 y 8), que está en el rango de 6.5 a 8.5 según el DS N° 031-2010-SA, lo que indica que el pH se encuentra dentro de los límites permisibles, según Vázquez (2025) el pH se encontró

entre 7 y 7.5, cuyo resultado coincide con el resultado obtenido. Este resultado coincide con lo reportado por Vázquez (2025), quien obtuvo valores de pH entre 7.0 y 7.5 en estudios realizados en distintas zonas del Perú, reflejando una ligera alcalinidad típica de aguas naturales con buena estabilidad química. De manera similar, Rodríguez (2024) en el Atlas marroquí registró un rango de pH entre 7.2 y 8.0, y Loría (2024) obtuvo valores entre 7.1 y 7.8 en manantiales kársticos, ambos dentro de los límites recomendados por la OMS, lo que sugiere una tendencia global de equilibrio ácido–base en aguas subterráneas no impactadas severamente por contaminación ácida o alcalina. Asimismo, Guerra (2024) y Boglione (2025) también identificaron aguas con pH neutro a ligeramente alcalino, asociadas a formaciones geológicas calcáreas que contribuyen a mantener este equilibrio. En contraste, Medina (2024) registró variaciones de pH entre 6.7 y 7.4 en Arequipa, donde las muestras con valores más bajos se vincularon a procesos de contaminación orgánica, lo cual refuerza que el pH en Amaquilla Central refleja una calidad química estable y sin alteraciones significativas. En síntesis, los valores obtenidos confirman que el agua analizada presenta condiciones de pH adecuadas y comparables con las de otros estudios nacionales e internacionales, manteniéndose dentro de los parámetros que garantizan su aptitud para consumo humano.

**Tabla 09:** Conductividad eléctrica (CE)

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-S
CE	0.17	0.09	0.04	0.08	0.09	1 500



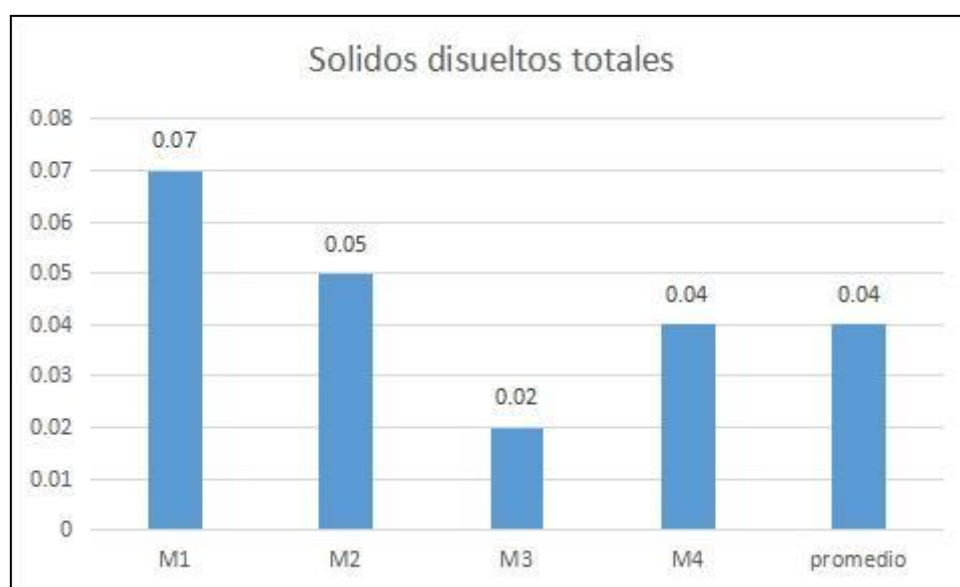
**Figura 04:** Conductividad eléctrica (CE) permitido por el DS N° 031-2010-SA

**Interpretación:** De acuerdo a lo mostrado en la Tabla 9 figura 4. El promedio de la conductividad eléctrica (CE) es  $0.09 \mu\text{S/cm}$ , (gráfica 04) lo cual está muy por debajo del límite máximo permitido por el DS N° 031-2010-SA ( $1,500 \mu\text{S/cm}$ ). lo que indica que la conductividad es baja y la concentración de sustancias disueltas también es baja, según Vázquez (2025) la Conductividad Eléctrica fluctuaron entre  $110$  y  $318 \mu\text{S/m}$ , por lo que no coincide con el resultado obtenido, este resultado difiere de lo reportado por Vázquez (2025), quien registró valores de conductividad entre  $110$  y  $318 \mu\text{S/cm}$  en aguas peruanas, clasificándolas como de baja salinidad pero con una mineralización moderada. De forma similar, Rodríguez (2024) reportó en el Atlas marroquí conductividades entre  $210$  y  $650 \mu\text{S/cm}$ , mientras que Loría (2024) obtuvo valores entre  $220$  y  $340 \mu\text{S/cm}$  en Marruecos, evidenciando que los manantiales de Amaquilla Central presentan una mineralización aún más reducida. En concordancia, Boglione (2025) observó en la India que el 78% de las muestras tenía conductividades menores a  $400 \mu\text{S/cm}$ , clasificando el agua como de baja salinidad, aunque superior al valor hallado en esta investigación. Estos contrastes podrían deberse a diferencias geológicas, climáticas y en el tiempo de residencia del agua subterránea. En cambio, Medina (2024) reportó valores mucho más altos ( $1739$ – $1778 \mu\text{S/cm}$ ) en Arequipa, evidenciando contaminación por sólidos disueltos

y sales. En síntesis, la baja conductividad registrada en Amaquilla Central sugiere un agua con mínima presencia de minerales, posiblemente de recarga meteórica reciente y con escasa interacción con formaciones rocosas, lo cual la hace químicamente pura pero potencialmente más vulnerable a contaminación superficial.

**Tabla 10:** Sólidos disueltos Totales

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-SA
Sólidos disueltos totales	0.07	0.05	0.02	0.04	0.04	1 000

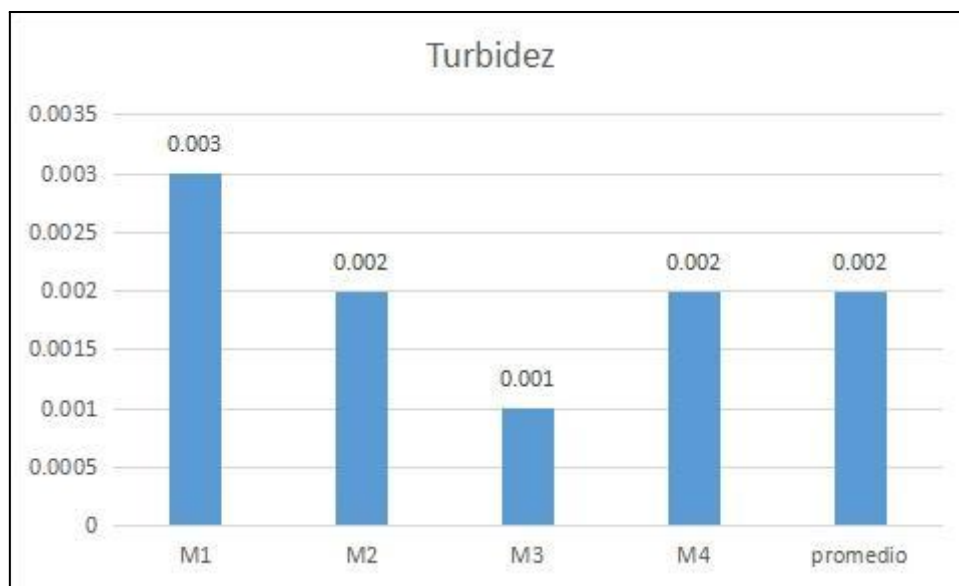


**Figura 05:** Sólidos disueltos Totales, permitido por el DS N° 031-2010-SA

**Interpretación:** El promedio de sólidos disueltos totales es 0.04 g/L (Figura 5), lo cual es muy inferior al límite establecido (1,000 mg/L), por lo que cumple ampliamente con el parámetro del DS N° 031-2010-SA. Según Vázquez (2025), en cuanto a los sólidos disueltos totales, estos se situaron entre 90 y 243 mg/L, cuyo resultado se encuentra dentro del rango, por lo que coincide.

**Tabla 11:** Turbidez

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-SA
Turbidez	0.003	0.002	0.001	0.002	0.002	250

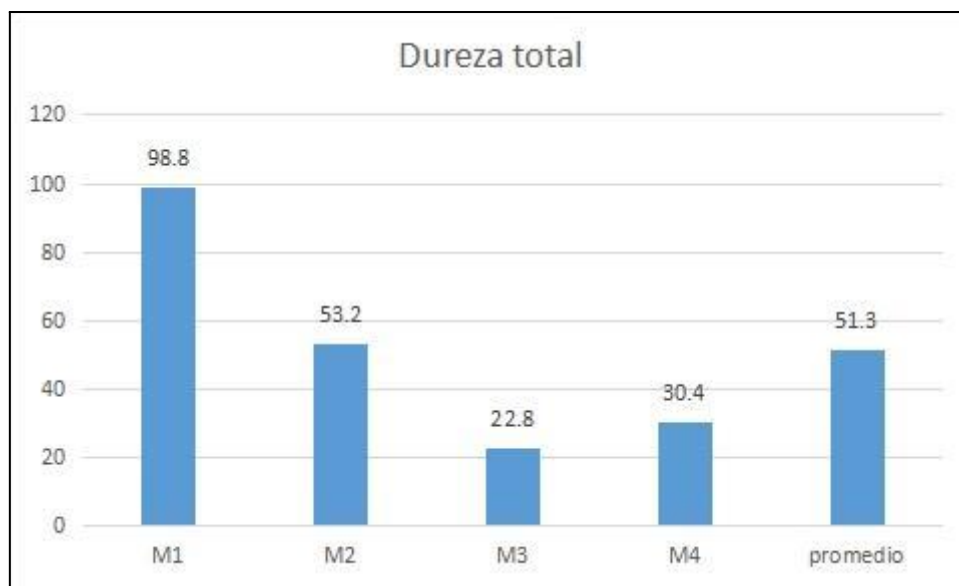


**Figura 06:** Turbidez, permitido por el DS N° 031-2010-SA

**Interpretación:** El promedio de turbidez es 0.002 NTU, (Figura 6) lo cual está extremadamente por debajo del límite permitido de 250 NTU (DS N° 031-2010-SA), según Loría (2024) los análisis de parámetros como turbidez indicaron que todos los manantiales muestreados son aptos para el consumo, cumpliendo así con los estándares establecidos por las autoridades arrojanas y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Este resultado coincide con lo reportado por Loría (2024), quien determinó que los manantiales analizados en Marruecos presentaban niveles de turbidez dentro de los estándares establecidos por las autoridades y la OMS, confirmando su aptitud para el consumo humano. De igual modo, los estudios de Guerra (2024) y Boglione (2025) también evidenciaron aguas de baja turbidez y mineralización, lo que refuerza la interpretación de que el agua de Amaquilla Central presenta condiciones físicas óptimas y una mínima afectación por arrastre de sedimentos o materia orgánica.

**Tabla 12:** Dureza Total

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-SA
Dureza total	98.80	53.20	22.80	30.40	51.30	500

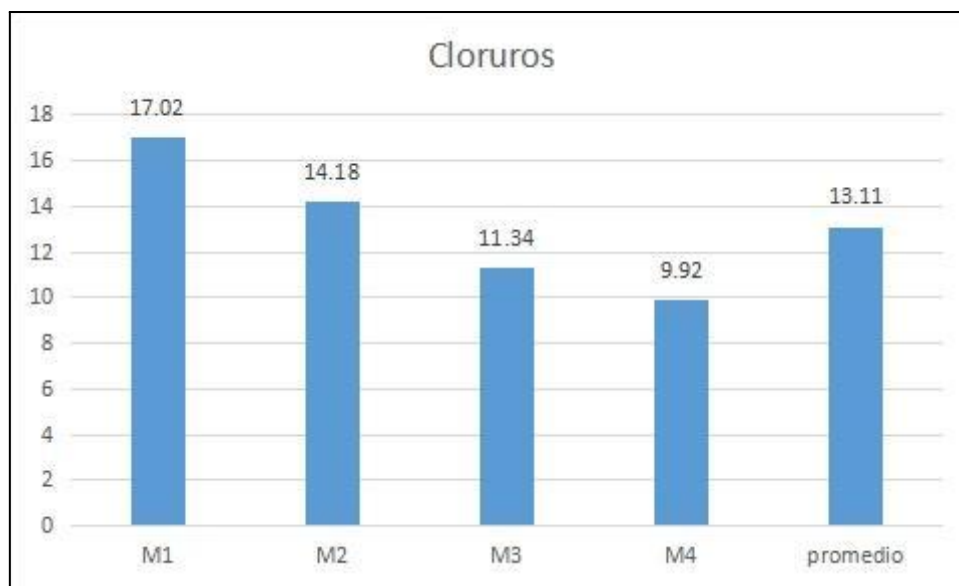


**Figura 07:** Dureza Total, permitido por el DS N° 031-2010-SA

**Interpretación:** El promedio de dureza total es 51.30 mg/L U (Figura 7), muy por debajo del límite permitido de 500 mg/L. Es agua blanda, lo cual representa buena calidad desde el punto de vista de dureza, según Rodríguez (2024) se encuentra dentro de los límites aceptables de dureza total. Este resultado concuerda con lo señalado por Loría (2024), quien observó en el Atlas marroquí valores de dureza entre 150 y 320 mg/L, dentro de los límites aceptables para el consumo humano. Asimismo, Vázquez (2025) y Loría (2024) registraron niveles de dureza similares o ligeramente superiores, confirmando que la dureza moderada o baja está asociada a una composición bicarbonatada cálcica, lo cual es característico de aguas de buena calidad y bajo contenido mineral.

**Tabla 13:** Cloruros

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-SA
Cloruros	17.02	14.18	11.34	9.92	13.11	250

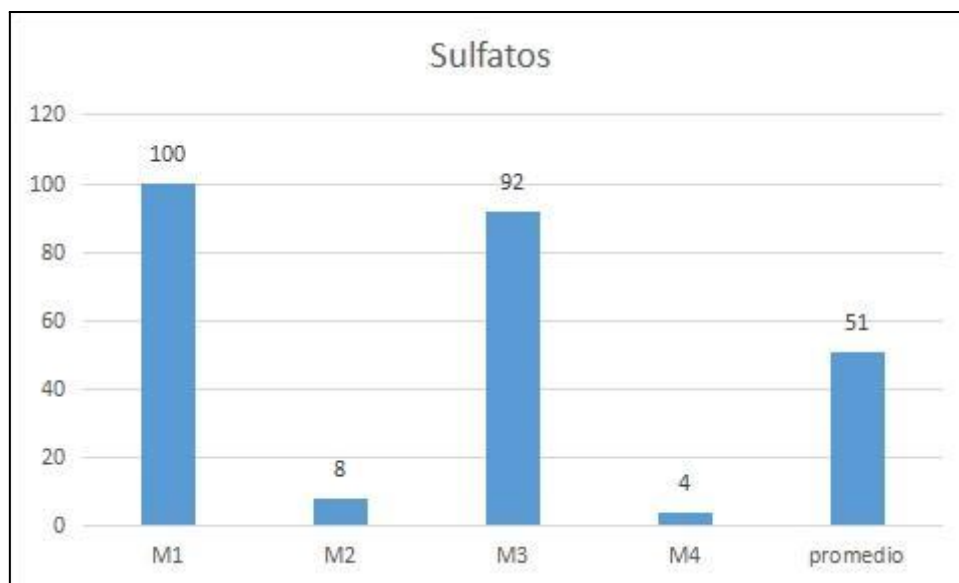


**Figura 08:** Cloruros, permitido por el DS N° 031-2010-SA

**Interpretación:** El promedio de cloruros es 13.11 mg/L (Figura 8), lo cual está muy por debajo del límite permitido de 250 mg/L, implica que el agua no tiene problemas de salinidad ni representa riesgos para consumo. Este hallazgo se alinea con los resultados de Rodríguez (2024) y Boglione (2025), quienes también reportaron bajos niveles de cloruros en manantiales naturales, sugiriendo un origen meteórico y escasa influencia de infiltraciones salinas. En contraste, Medina (2024) registró valores elevados de sólidos disueltos en Arequipa, lo que muestra que las condiciones geológicas locales influyen directamente en la concentración de sales. Por lo tanto, la baja presencia de cloruros en Amaquilla Central confirma la pureza del recurso hídrico.

**Tabla 14:** Sulfatos

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-SA
Sulfatos	100	08	92	04	51	250



**Figura 09:** Sulfatos, permitido por el DS N° 031-2010-SA

**Interpretación:** El promedio de sulfatos es 51 mg/L (Figura 9), muy por debajo del límite permitido de 250 mg/L. El agua es segura respecto al contenido de sulfatos. Este resultado guarda relación con el estudio de Guerra (2024), quien observó una reducción del 35% en sulfatos en las montañas Harz de Alemania, atribuido a una menor contaminación industrial, demostrando que concentraciones bajas de sulfatos son indicativas de buena calidad ambiental. Asimismo, Rodríguez (2024) y Loría (2024) encontraron valores similares dentro de los rangos naturales, lo cual coincide con los resultados del presente estudio.

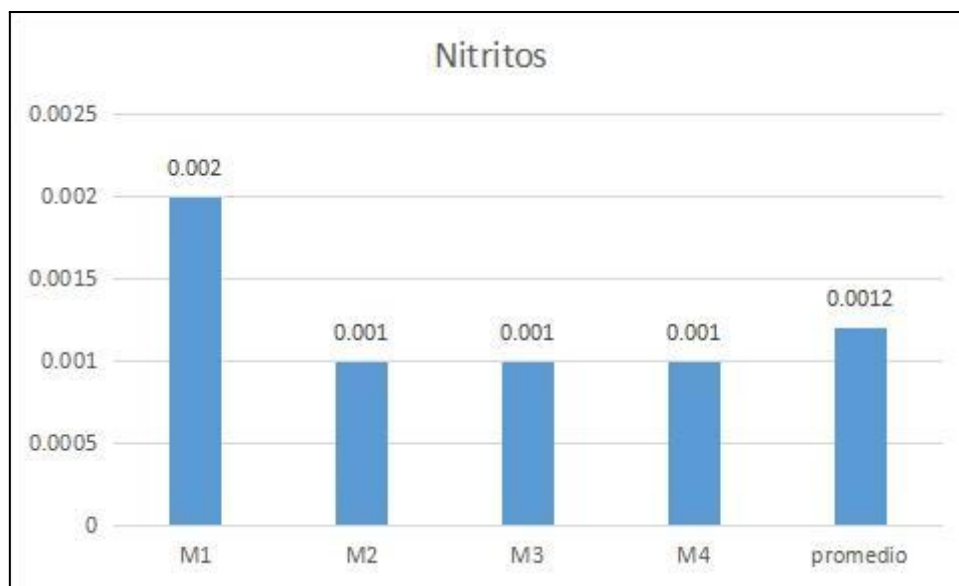
**Objetivo específico 03: Determinar la calidad de agua para consumo humano según parámetro químico orgánico e inorgánico de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo.**

**Tabla 15: Parámetros**

<b>Parámetros</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>
Nitratos	0.02	0.01	0.01	0.01
Nitritos	0.002	0.001	0.001	0.001
Cadmio	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Plomo	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Arsénico	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Mercurio	0.00	0.00	0.00	0.00
Cromo	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005

**Tabla 16: Nitritos**

<b>Parámetro</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>promedio</b>	<b>DS N° 031-2010-SA</b>
Nitritos	0.002	0.001	0.001	0.001	0.0012	3.00 exposición corta

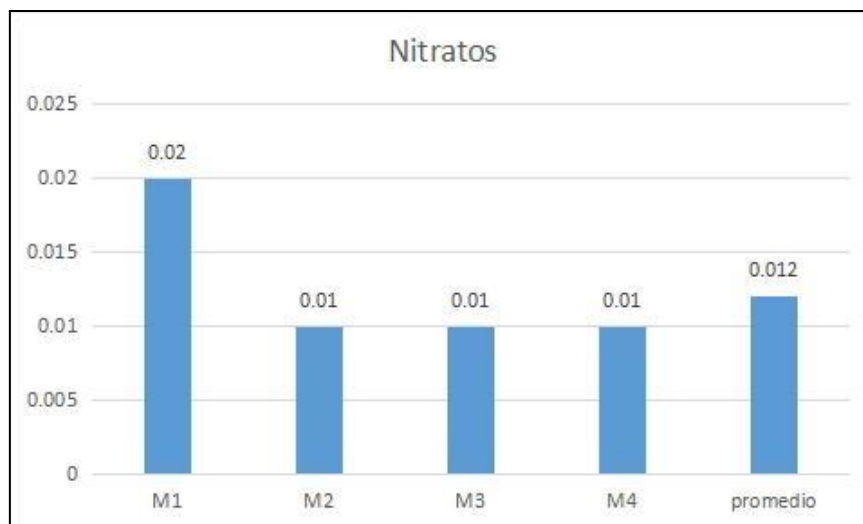


**Figura 10:** Nitritos, permitido por el DS N° 031-2010-SA

**Interpretación:** Los resultados de los análisis de nitritos en las muestras (M1, M2, M3, M4) (Figura 10), indican que la concentración de nitritos en el agua es extremadamente baja y segura para el consumo humano, por lo que no excede el parámetro (DS N° 031-2010-SA). Estos resultados son consistentes con los estudios de Rodríguez (2024) y Loría (2024), quienes también reportaron valores mínimos de nitritos en aguas subterráneas, lo cual refleja una baja actividad de descomposición orgánica y escasa contaminación fecal. Este parámetro es un indicador sensible de contaminación reciente, por lo que los valores bajos en Amaquilla Central confirman su buena calidad sanitaria.

**Tabla 17:** Nitratos

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-SA
Nitratos	0.02	0.01	0.01	0.01	0.012	50

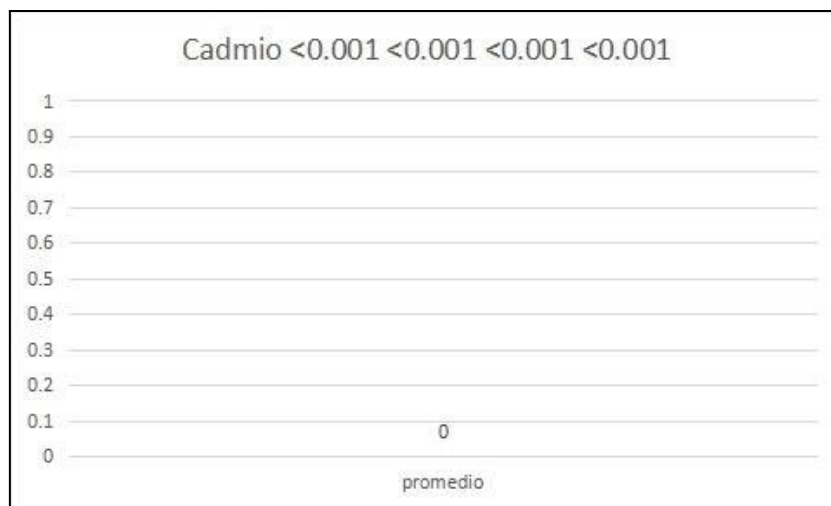


**Figura 11:** Nitratos, permitido por el DS N° 031-2010-SA

**Interpretación:** Los resultados de los análisis de nitratos en las muestras de agua indican que las concentraciones están muy por debajo del límite máximo permitido, lo cual es muy positivo, por lo que los resultados no representan ningún riesgo para consumo humano, según Rodríguez (2024) concentración de nitratos se encuentra dentro de los límites aceptables, por lo que coincide. Este resultado coincide con lo reportado por Medina (2024), quien señaló que los niveles de nitratos en sus muestras estaban dentro de los valores aceptables, atribuyéndole a la ausencia de contaminación agrícola o urbana significativa. De manera similar, Loría (2024) observó concentraciones moderadas de nitratos en Marruecos, sin afectar la calidad del agua. Por lo tanto, la baja concentración de nitratos en Amaquilla Central refuerza la evidencia de un entorno no impactado por actividades humanas intensivas.

**Tabla 18:** Cadmio

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-SA
Cadmio	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.003



**Figura 12:** Cadmio, permitido por el DS N° 031-2010-SA

**Interpretación:** Los resultados de los análisis de cadmio en las muestras de agua no exceden el parámetro establecido por el DS N° 031-2010-SA, por consiguiente, no hay riesgo por la presencia de cadmio. Este resultado está en concordancia con los hallazgos de Guerra (2024) y Boglione (2025), quienes reportaron aguas sin presencia significativa de metales tóxicos, propias de zonas con baja influencia industrial. Esto demuestra que los manantiales de Amaquilla Central mantienen un estado de pureza química y un bajo impacto antrópico.

**Tabla 19:** Plomo

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-SA
Plomo	$<0.003$	$<0.003$	$<0.003$	$<0.003$	$<0.003$	0.010

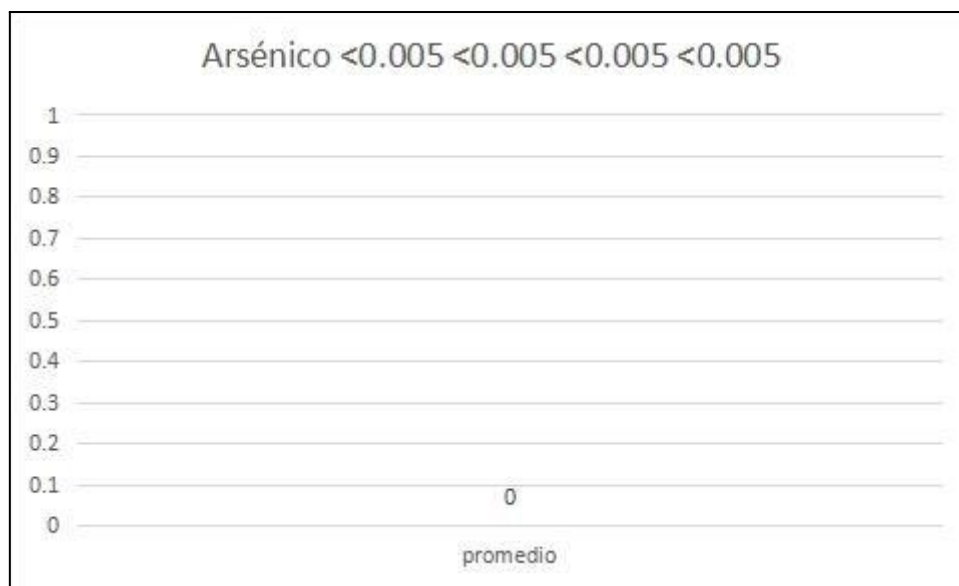


**Figura 13:** Plomo, permitido por el DS N° 031-2010-SA

**Interpretación:** Al comparar los resultados (<0.003 mg/L) con el límite de la normativa (0.010 mg/L), es evidente que los niveles de plomo son extremadamente bajos, por lo que no excede, esto significa que el agua es segura para el consumo. Este hallazgo coincide con los resultados de Loría (2024) y Vázquez (2025), quienes también reportaron concentraciones no detectables o mínimas de plomo, asociadas a zonas rurales alejadas de fuentes industriales. La ausencia de este metal pesado en Amaquilla Central refleja un entorno libre de contaminación antrópica directa.

**Tabla 20:** Arsénico

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-SA
Arsénico	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.010

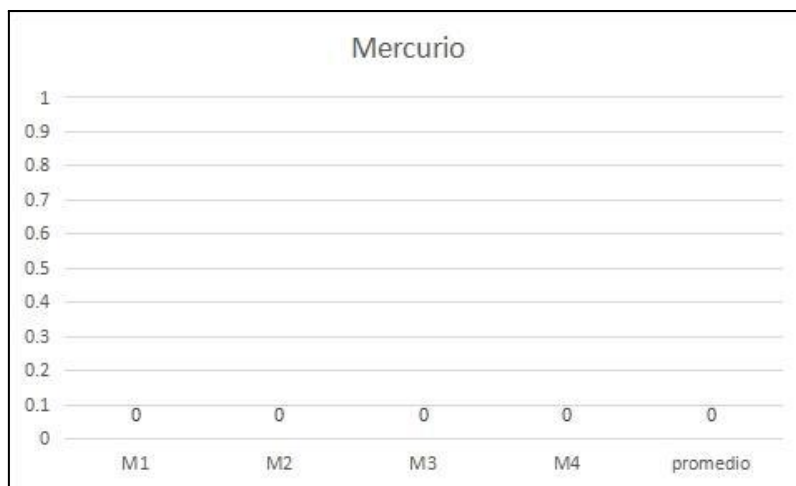


**Figura 14:** Arsénico, permitido por el DS N° 031-2010-SA

**Interpretación:** Al comparar los resultados (<0.005 mg/L) con el límite de la normativa (0.010 mg/L), no excede el parámetro establecido, significa que el agua es segura para el consumo humano. Este resultado es comparable con los estudios de Rodríguez (2024) y Medina (2024), quienes encontraron valores bajos de arsénico en fuentes naturales, aunque advirtieron que su incremento puede estar asociado a condiciones geológicas específicas. En el caso de Amaquilla Central, los valores bajos indican que no existe influencia de minerales arsenicales ni contaminación industrial.

**Tabla 21:** Mercurio

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-SA
Mercurio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001

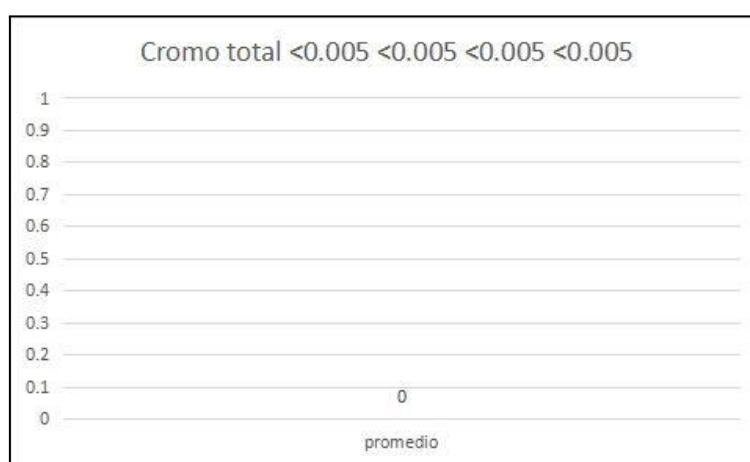


**Figura 15:** Mercurio, permitido por el DS N° 031-2010-SA

**Interpretación:** Los resultados (0.00 mg/L) con el límite de la normativa (0.001 mg/L), no excede, significa que el agua es segura para el consumo humano. Este hallazgo es coherente con lo observado por Guerra (2024) y Boglione (2025) en regiones de baja actividad minera, donde la ausencia de mercurio es un indicador de seguridad ambiental. La inexistencia de mercurio en Amaquilla Central es un signo positivo de conservación del recurso hídrico.

**Tabla 22:** Cromo total

Parámetro	M1	M2	M3	M4	promedio	DS N° 031-2010-SA
Cromo total	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.050



**Figura 16:** Cromo total, permitido por el DS N° 031-2010-SA

**Interpretación:** Cromo Al comparar sus resultados ( $<0.005$  mg/L) con el límite de la normativa (0.050 mg/L), no excede, significa que el agua es segura para el consumo. Este resultado coincide con los estudios de Loría (2024) y Vázquez (2025), quienes encontraron valores igualmente bajos de cromo en sus investigaciones, destacando que este metal suele estar ausente en aguas sin contaminación industrial. La pureza observada en Amaquilla Central refuerza la evidencia de un entorno natural no alterado por vertimientos metálicos ni actividades extractivas.

## **4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS**

### **4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL**

#### **Hipótesis nula ( $H_0$ ):**

La calidad de agua para consumo humano en la comunidad Amaquilla Central de la provincia de Yunguyo no supera los estándares de los parámetros establecidos en el DS N° 031-2010-SA para consumo humano.

#### **Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):**

La calidad de agua para consumo humano en la comunidad Amaquilla Central de la provincia de Yunguyo supera los estándares de los parámetros establecidos en el DS N° 031-2010-SA para consumo humano.

#### **Prueba estadística aplicada:**

Se empleó una comparación descriptiva de medias entre los valores obtenidos experimentalmente y los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el DS N° 031-2010-SA, analizando parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos-inorgánicos.

#### **Resultado:**

Los valores obtenidos en los parámetros analizados (turbidez, conductividad eléctrica, dureza, cloruros, sulfatos, nitritos, nitratos, cadmio, plomo, mercurio y cromo) se encuentran muy por debajo de los límites establecidos por la normativa vigente. No se encontraron valores que excedan el límite máximo permitido.

**Decisión:**

Dado que los resultados experimentales no superan los límites normativos, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), concluyendo que el agua del manantial "San Cristóbal" de Amaquilla Central cumple con los estándares de calidad para consumo humano establecidos por el DS N° 031-2010-SA.

**4.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

a) Parámetros Microbiológicos

$H_0$ : Las concentraciones de los parámetros microbiológicos presentan niveles dentro de los límites permitidos por el DS N° 031-2010-SA.

$H_1$ : Las concentraciones de los parámetros microbiológicos presentan niveles altamente significativos que sobrepasan los límites permitidos.

**Resultado:**

Los análisis microbiológicos mostraron ausencia de coliformes totales y fecales en las cuatro muestras (P1, P2, P3, P4), evidenciando que el agua es apta para el consumo humano.

**Decisión:**

Se rechaza  $H_1$  y se acepta  $H_0$ , indicando que el agua no presenta contaminación microbiológica significativa.

**b) Parámetros Organolépticos**

$H_0$ : La concentración de los parámetros organolépticos se encuentra dentro de los límites establecidos por el DS N° 031-2010-SA.

$H_1$ : La concentración de los parámetros organolépticos presenta valores significativamente diferentes a los estándares establecidos.

**Resultado:**

El valor promedio de turbidez (0.002 NTU) y el color del agua se encuentran muy por debajo de los límites permitidos (250 NTU), lo cual confirma una excelente calidad visual y sensorial del agua.

**Decisión:**

Se rechaza  $H_1$  y se acepta  $H_0$ , concluyendo que el agua cumple con los estándares organolépticos de calidad.

### **c) Parámetros Químico orgánico e inorgánicos**

$H_0$ : Las concentraciones de los parámetros químico orgánicos e inorgánicos se encuentran dentro de los límites establecidos por el DS N° 031-2010-SA.

$H_1$ : Las concentraciones de los parámetros químico orgánico e inorgánico presentan niveles altamente significativos respecto a los estándares de calidad ambiental.

#### **Resultado:**

Los promedios de dureza (51.30 mg/L), cloruros (13.11 mg/L), sulfatos (51 mg/L), nitratos, nitritos, cadmio, plomo, mercurio y cromo se encuentran muy por debajo de los límites máximos permisibles, sin evidencias de contaminación química o inorgánica.

#### **Decisión:**

Se rechaza  $H_1$  y se acepta  $H_0$ , indicando que los niveles de concentración son seguros para el consumo humano.

#### **Conclusión General de la Prueba de Hipótesis**

A partir de los resultados obtenidos en las tres dimensiones de análisis (microbiológica, organoléptica y químico orgánico e inorgánico), se concluye que el agua del manantial “San Cristóbal” de Amaquilla Central, no presenta riesgos para la salud humana y cumple con todos los parámetros de calidad establecidos por el DS N° 031-2010-SA, siendo apta para el consumo humano en el año 2025.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Según el DS N° 031-2010-SA, la calidad del agua para consumo humano en la comunidad de Amaquilla Central no es apta debido a la contaminación microbiológica. Aunque los parámetros organolépticos y químico-inorgánicos cumplen con la normativa. Por lo que se niega la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

**SEGUNDA.** Los resultados de Coliformes Totales (<26.25 NMP/100ml), Coliformes Termotolerantes (<7.75 NMP/100ml) y *E. coli* (<2.75 NMP/100ml) superan de forma significativa el límite permitido de <1.8 NMP/100ml. Estos resultados son una clara señal de contaminación fecal y representan un riesgo potencial para la salud de los consumidores. Los resultados de parámetros organolépticos: pH (7.10), turbidez (0.002), conductividad eléctrica (0.09), dureza (51.30), cloruros (13.1) y sulfatos (51) y químicos inorgánicos: nitratos (0.012), nitritos (0.0012), cadmio (<0.001), Plomo (<0.003), arsénico (<0.005), mercurio (0.00), cromo total (<0.005), se encuentran dentro de los parámetros, mostrando características favorables como baja mineralización y pureza. y químicos inorgánicos.

**TERCERA.** Los resultados de los parámetros químico-inorgánicos son favorables, ya que no exceden los límites establecidos por la normativa. Las concentraciones de nitritos y nitratos, así como los niveles de metales pesados como el cadmio, plomo, mercurio y cromo, se encuentran significativamente por debajo de los estándares del DS N° 031-2010-SA.

## RECOMENDACIONES

A los usuarios:

**PRIMERA.** NO consumir el agua directamente de la fuente: Debido a la presencia de coliformes, coliformes termotolerantes y *E. coli*, el agua representa un riesgo para la salud. No debe ser consumida sin un tratamiento previo.

**SEGUNDA.** Hervir el agua antes de su consumo: Es la medida más accesible y efectiva para eliminar los microorganismos patógenos. Se recomienda hervir el agua durante al menos cinco minutos para garantizar la eliminación.

**TERCERA.** Investigar la fuente de la contaminación fecal, para identificar la causa de la contaminación y poder solucionarla.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANA. (2020). Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARUS). Autoridad Nacional Del Agua - ANA, 15. [https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4479/ANA000289\\_5\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4479/ANA000289_5_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Arzoo-Maryland (2016). Calidad de agua de algunos manantiales en el exterior del Himalaya: un estudio sobre las interacciones entre el agua subterránea y lecho rocoso y la evaluación hidroquinona.
- Arumi (2014). Caracterización de dos grupos de manantiales en el río Diguillín, Chile
- Barakat (2018). Evaluación físico químico y microbiano de la calidad de agua de manantiales para el abastecimiento potable de piamonte en el Beni Mellal Atlas (Marruecos). <https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.01.006>.
- Brkiya Mladen, Kuhtaa, Tamara Hunjakb. (2018). Mecanismo de flujo de agua subterránea en el sistema acuífero Kárstico bien desarrollado en el oeste de Croacia: perspectivas de la descarga de manantial y los isótopos de agua Selika. 161, 14–26.
- Bibiano (2015). Hidrogeoquímica y procesos naturales de ablandamiento del agua subterránea en sistemas Kársticos.
- Boglione y Farías (2025). Evaluación de la calidad del agua para consumo bovino en Santa Fe, Argentina. Revista de Ciencias Ambientales, 59(2). <https://doi.org/10.15359/rca.59-2.3>
- Bozaua. (2013). Características hidrogeoquímicas del agua de manantial en las montañas Harz. Alemania.
- Bolaños-Alfaro y Segura-Araya, (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>

Calcina (2016). Calidad Física. Química y Bacteriológica de aguas subterráneas de consumo Humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno-2016.

Cabrera Molina, Hernández Garciadiego, Gómez Ruíz, , & Cañizares Macías, (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. Revista de La Sociedad Química de México, 47(1), 88–92. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/475/47547114.pdf>

Coello,, Ormaza, Recalde, & Ríos, (2015). Aplicación del ICA NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoche, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador. Revista Del Instituto de 81 Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, 16(31), 66–71. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11281/10118>

Decreto Supremo N.º 031-2010-SA – Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano Establece los límites máximos permisibles. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/273650/reglamento-de-la-calidad-d-el-agua-para-consumo-humano.pdf?v=1561937448>

Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM – Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1529835-2>

Duarte. (2022). Evaluación de la calidad del agua del Manantial El Paraíso en Santiago de Cuba. 34(2), 303–314.

Guerra-Hernández, Mendoza-Cariño, Monfil-Hernández, Quijada-Cuevas, Guerra-Hernández, Mendoza-Cariño, M., Monfil-Hernández, L. F., & Quijada-Cuevas, D. E. (2024). Calidad del agua de ríos de alta montaña en la reserva de la biósfera Los Volcanes (México). Información tecnológica, 35(6), 1-16. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642024000600001>

- Herrera, Christian, Custodio . (2014). Origen de las aguas de pequeños manantiales de la Costa del norte de Chile, en las cercanías de Antofagasta. *Andean Geology*, 41(2), 314–341. <https://doi.org/10.5027/andgeoV41n2-a03>.
- Hoyos-Pérez, Villabona-González, S.-L., Gil-Guarín, I.-C., González, E., Hoyos-Pérez, A.-D., Villabona-González, S.-L., Gil-Guarín, I.-C., & González, E. (2024). Interacciones e inestabilidad del plancton en cuatro embalses tropicales con diferente estado trófico en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 72(1). <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v72i1.56220>
- Huallpara Ormachea Garcia. (2017). Evaluación de la calidad de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales de la ciudad de la paz. Bolivia.
- Huanca (2012). Evaluación de la condición vegetal de tres bofedales Alto Andinos en época seca de la cuenca Alta de llave-Puno
- Ibáñez (2018). Evaluación de la calidad de agua para el consumo humano en las localidades de Paellas y Miraflores del Distrito de Umachiri- Melgar – Puno..
- Validación de un método de cromatografía líquida (HPLC-UV/Vis) para la cuantificación de aldehídos en agua de lluvia y aire. *Uniciencia*, 38(1), 502-516. <https://doi.org/10.15359/ru.38-1.27>
- Arzoo Maryland. et. al. (2016). Calidad de agua de algunos manantiales en el exterior del Himalaya: Un estudio sobre las interacciones entre el agua subterránea y lecho rocoso y la evaluación hidroquinona.
- Israel, & Quintanilla, (2013). Índice de calidad del agua en la cuenca del lago poopó - uru aplicando herramientas SIG. *Revista Boliviana de Química*, 30(1), 91– 101. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0250-54602013000100013&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602013000100013&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Ley N.º 29338 – Ley de Recursos Hídricos. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29338.pdf>

- Loría Naranjo, Beita Sandí, Loría Naranjo, & Beita Sandí, (2024). Índice biológico de lodos como bioindicador en dos sistemas de tratamiento de agua residual hospitalaria en Costa Rica. Cuadernos de Investigación UNED, 16(1), 114-133. <https://doi.org/10.22458/urj.v16i1.5334>
- Lucas et. al. (2017). Modelado hidrogeoquímico (Kirmat) de las composiciones de agua de manantial y de pozo profundo en la pequeña cuenca granítica de Ringel (montaña de los Vosgos, Francia). <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.10.005>.
- Mancilla-Villa, Hernández-Vargas, O., Guevara-Gutiérrez, R. D., Palomera-García, C., Ortega-Escobar, H. M., Flores-Magdaleno, H., Can-Chulim, A., Olgún-López, J. L., Mendoza-Saldívar, I., Luna-Fletes, J. A., Cruz-Crespo, E., Barreto-García, O. A., Villafaña-Castillo, F., Khalil-Gardezi, A., Ramírez-Romero, J. M., Mancilla-Villa, O. R., Hernández-Vargas, O., Guevara-Gutiérrez, R. D., Palomera-García, C., ... Ramírez-Romero, J. M. (2024). Aplicación de un índice de calidad del agua (ICA) en la cuenca del río Ayuquila-Armería en México. *Hidrobiológica*, 34(2), 107-120. <https://doi.org/10.24275/dcrs6019>
- Martínez, (2019). La contaminación ambiental de la cuenca del río Coata y los desafíos de la Mesa de diálogo en Puno-Equipo Técnico de DHUMA-Puno.
- Medina, Yupanqui, M. (2014). Determinación de la calidad del agua del manantial del fundo San Bernardo distrito de Chiguata para consumo humano. Tesis.
- Melo Camaraza, Guerra Hernández, G., Brown Manrique, O. N., Martínez Montero, M. E., Melo Martínez, J. L., Melo Camaraza, B., Guerra Hernández, G., Brown Manrique, O. N., Martínez Montero, M. E., & Melo Martínez, J. L. (2024). EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA AZUCARERA PARA SU APROVECHAMIENTO EN EL RIEGO AGRÍCOLA. *Centro Azúcar*, 51(2). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2223-48612024000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2223-48612024000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

- MINAM. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias. El Peruano, 6–9. [Http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf).
- MINAM. (2019). Guía de Evaluación del Estado de Ecosistema de Bofedal.
- Mohsen Jalaliy, Mahdi Jalali. (2016). Geoquímica y concentración de fondo de iones principales en agua de manantial en las áreas de Alta Montaña de Hamedan (Iran).
- Nakaya, Minh, (2015). Comportamiento a largo plazo de cesio (Cs) en agua potable de manantial natural.
- Ormachea, (2015). Arsénico y otros oligoelementos en fuentes termales y en aguas frías de pozos de agua potable en el altiplano boliviano.
- Peñuela (2012). Definición de zonas de recarga y descarga de agua subterránea a partir de indicadores superficiales: centro-sur de la Mesa Central, México. Investigaciones Geográficas: Boletín Del Instituto de Geografía, 2013(81), 18– 32. <https://doi.org/10.14350/rig.30518>
- Resolución Ministerial N.º 192-2018-MINSA – Lineamientos para la Vigilancia Sanitaria de la Calidad del Agua para Consumo Humano. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/313368/RM-192-2018-VIVIENDA.pdf?v=1557784389>
- Rebeca M. Page, Michael D. Besmer b.c. (2017). Análisis en Línea: Conocimientos más profundos sobre la dinámica de la calidad del agua en el agua de manantial.
- Rodríguez Martínez (2003). Calidad del agua de fuentes de manantiales en la zona básica de salud de Sigüenza.
- Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j.\\_010-2016-ana\\_0.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf)
- Silva et al. (2016). Manantiales de la cuenca del río Duero Michoacán: Operación, calidad y cantidad.

- Samudio Oggero, Nakayama, Avalos, Cantero, I Benitez, J. V., Ayala, J., El Khalili, R., & Peralta, I. (2021). Eficiencia de la absorción de cobre (Cu) y cromo (Cr), una propuesta de fitorremediación de efluentes mediada por *Typha domingensis*. *Revista de La Sociedad Científica Del Paraguay*, 26(2), 100–113. <https://doi.org/10.32480/rscp.2021.26.2.100>
- Shuh, Chen, Lin, (2007). Evaluación del riesgo de cáncer de los trihalometanos en el agua potable. *Science of the Total Environment*, 387, 86–95. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.07.029>
- Vilca Epiphany (2024) Calidad Fisicoquímica y Bacteriológica en la desembocadura de aguas residuales de la Localidad de Pucara del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno- 2022.
- Vázquez, Alvarenga, Cabrera, Herrera, González Brítez, , Vázquez, Alvarenga, , Cabrera, L. K., Herrera, L., & González Brítez, N. (2025). Infecciones parasitarias en niños del Paraguay: Una revisión sistemática desde 2014 a 2024. *Revista científica ciencias de la salud*, 7, 801. <https://doi.org/10.53732/rccsalud/2025.e7801>
- Villanueva, C. M., Kogevinas, M., & Grimalt, J. O. (2001). La cloración del agua potable en España y cáncer de vejiga. *Gaceta Sanitaria*, 15(1), 48–53. [https://doi.org/10.1016/s0213-9111\(01\)71517-8](https://doi.org/10.1016/s0213-9111(01)71517-8)
- T, L. O., & Milla-pine, M. E. (2014). Índice de calidad del agua usando lógica difusa Río Utcubamba, Perú. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 37(1), 6–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.22267/rcia.203701.124>
- UNESCO-WWAP. (2003). Agua para todos, agua para la vida. United Nations, 36. <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>
- UNESCO. (2021). El valor del agua - Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. In *Ecología Política* (Vol. 26, Issue 19). <https://www.unesco.org/reports/wwdr/2021/es/node/24>

Wong, & Hu, (2013). Aplicación del enfoque de agrupamiento de intervalos para la evaluación de la calidad del agua. *Journal of Hydrology*, 491(1), 1–12.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.03.009>

## ANEXOS

Anexo 01: Matriz De Consistencia

**CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD AMAQUILLA CENTRAL DE LA PROVINCIA DE YUNGUYO 2025.**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p><b>GENERAL</b></p> <p>¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano según el DS N° 031-2010-SA, de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo 2025?</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <p>¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano según parámetro microbiológico de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo?</p> <p>¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano según parámetro organoléptico de la comunidad Amaquilla central de la</p>	<p><b>GENERAL</b></p> <p>Evaluar la calidad de agua para consumo humano según el DS N° 031-2010-SA, de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo 2025.</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <p>Determinar la calidad de agua para consumo humano según parámetro microbiológico de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo.</p> <p>Analizar la calidad de agua para consumo humano según parámetro organoléptico de la comunidad Amaquilla central de la provincia de Yunguyo.</p> <p>Determinar la calidad de agua para consumo</p>	<p><b>GENERAL</b></p> <p>La calidad de agua para consumo humano en la comunidad Amaquilla Central de la provincia de Yunguyo, 2025. Supera los estándares de los parámetros establecidos en el DS N° 031-2010-SA, para el consumo humano.</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <p>La concentración de los Parámetros microbiológicos, en la comunidad Amaquilla Central de la provincia de Yunguyo, presentan concentraciones altamente significativas sobrepasando los límites permitidos para agua destinada al consumo humano.</p> <p>La concentración de los parámetro organoléptico en la comunidad Amaquilla Central de la provincia de</p>	<p>VI: Parámetro de LMP</p> <p>VD: Calidad de agua</p>	<p>Parámetros Microbiológicos</p> <p>Parámetros organolépticos</p> <p>Parámetros químicos orgánicos e inorgánicos</p> <p>Dimensiones físicas</p> <p>Dimensiones químicas</p> <p>Dimensiones microbiológicas</p>	<p>DS 031-2010-SA</p> <p>Laboratorios</p>	<p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>TIPO:</b> Descriptivo</p> <p><b>Método:</b> Hipotético deductivo</p> <p><b>Población y muestra:</b> Sistema abastecimiento de agua potable constituido por. M1, M3, M4</p> <p><b>Técnica:</b> Observación</p>

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p>provincia de Yunguyo?</p> <p>¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano según parámetros químicos orgánicos e inorgánicos de la comunidad Amaquill central de la provincia de Yunguyo?</p>	<p>humano según parámetros químicos orgánicos e inorgánicos de la comunidad Amaquill central de la provincia de Yunguyo.</p>	<p>Yunguyo, present concentraciones altamente significativas con respecto a los estándares de calidad ambiental establecidos para salud.</p> <p>La concentración de los parámetros químicos orgánicos e inorgánicos en la comunidad Amaquill central de la provincia de Yunguyo, present concentraciones altamente significativas con respecto a los estándares de calidad ambiental establecidos para salud.</p>				

Anexo 02: DS N° 031-2010-SA

MINISTERIO DE SALUD

No. 031-2010-SA



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

**DECRETA:**

**Artículo 1°- Aprobación**

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

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

**Artículo 2°- Derogación**

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

**Artículo 3°- Refrendo**

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

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



M. Alca R



E. Cruz s



W. Olivera A.



D. León Ca.



ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República



OSCAR UGARTE UGALLUZ  
Ministro de Salud



JUAN SARMENTO SOTO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

### Anexo 03: Resultados del análisis de laboratorio



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

INFORME DE ENSAYO 0145/MQA

#### RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA.

PROCEDENCIA : P1 – MANANTIAL / P2 – RESERVORIO / P3 – PRIMERA VIVIENDA / P4 – ÚLTIMA VIVIENDA.  
INTERESADO : JOSÉ HALLPA VILCA.  
MOTIVO : ANALISIS FISICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.  
FECHA DE MUESTREO : 03/08/2025 (por el interesado).  
FECHA DE ANALISIS : 05/08/2025.

#### CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido Olor : Inodoro  
Color : Incoloro Sabor : Insípido

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARAMETROS	UNIDAD	P1	P2	P3	P4	METODOLOGÍA
Coordenadas	UTM	19L 0391245 E – 8412630 N	19L 0391180 E – 8412580 N	19L 0391320 E – 8412690 N	19L 0391290 E – 8412540 N	GPS
pH		7.18	7.08	7.10	7.05	Potenciómetro
C.E	mS/cm	0.14	0.09	0.04	0.08	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	14.00	14.00	14.00	14.00	Termómetro
Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.07	0.05	0.02	0.04	Evaporación y pesaje
Turbidez	NTU	0.003	0.002	0.001	0.002	

#### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza Total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	98.80	53.20	22.80	30.40	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO <sub>3</sub> )	mg/l	88.72	66.54	44.36	33.27	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl <sup>-</sup> )	mg/l	17.02	14.18	11.34	9.92	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	mg/l	100	08	92	04	Espectrofotometría (Método de bario).
Nitratos (como NO <sub>3</sub> )	mg/l	0.02	0.01	0.01	0.01	método colorimétrico
Nitritos (como NO <sub>2</sub> )	mg/l	0.002	0.001	0.001	0.001	
Calcio (como Ca <sup>++</sup> )	mg/l	13.68	9.12	6.08	5.32	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg <sup>++</sup> )	mg/l	15.58	7.33	1.83	4.12	Titulación con EDTA
Cadmio (como Cd)	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	Absorción atómica
Plomo (como Pb)	mg/l	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	Absorción atómica
Arsénico (como As)	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	Absorción atómica
Mercurio (como Hg)	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	Absorción atómica
Cromo (como Cr)	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	Absorción atómica

#### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100ml	<10	<40	<25	<30	APHA 9221B / EPA 1680
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<3	<16	<7	<5	APHA 9222D / EPA 1603
Escherichia coli	NMP/100ml	<1	<5	<2	<3	APHA 9222D / EPA 1603

➤ La muestra se recibió en el laboratorio.



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

**Anexo 04:** Requisitos de calidad microbiológicos, de la calidad del agua para consumo humano. Según DS N° 031-2010-SA.

**Límites máximos permisibles para parámetros microbiológicos.**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales	UFC /100 ml a 35°C	0(*)
2. E. Coli	UFC/ 100 ml a 44.5°C	0(*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes	UFC/ 100 ml a 44.5°C	0(*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/ 100 ml a 35°C	500
5. Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	N° org /L	0
6. virus	UFC /ml	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos	N° org /L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

En Caso de analizar por la del NMP por tubos múltiples = < 1,8 / 100 ml **Fuente:** D.S. N° 031-2010-S, Anexo I.

### Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organolépticas

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)	$\mu\text{mho} / \text{cm}$	1 500
7. Sólidos totales disueltos	$\text{mg L}^{-1}$	1 000
8. Cloruros	$\text{mg Cl L}^{-1}$	250
9. Sulfatos	$\text{mg SO}_4 \text{ L}^{-1}$	250
10. Dureza total	$\text{mg Ca CO}_3 \text{ L}^{-1}$	500
11. Amoníaco	$\text{mg N L}^{-1}$	1,5
12. Hierro	$\text{mg Fe L}^{-1}$	0,3
13. Manganeso	$\text{mg Mn L}^{-1}$	0,4
14. Aluminio	$\text{mg Al L}^{-1}$	0,2
15. Cobre	$\text{mg Cu L}^{-1}$	2,0
16. Zinc	$\text{mg Zn L}^{-1}$	3,0
17. Sodio	$\text{mg Na L}^{-1}$	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

**Fuente:** D.S. N° 031-2010-S.A. Anexo II

## Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos

Parámetro	Unidad de Medida	Límite Máximo Permisible
1. Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0,020
2. Arsénico (Nota 1)	mg AS L <sup>-1</sup>	0,010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6. Cianuro	mg CN L <sup>-1</sup>	0,007
7. Cloro (Nota 2)	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10. Cromo Total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11. Flúor	mg FL <sup>-1</sup>	1,000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001
13. Níquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0,020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50
		3,00 exposición
15. Nitritos	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	Corta
		0,20 exposición
		Larga

**Nota 1:** En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL<sup>-1</sup>

**Nota 2:** Par una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL<sup>-1</sup> **Fuente:** D.S. N° 031-2010-S.A. Anexo III

### Anexo 05: Análisis de laboratorio



### Anexo 06: Puntos de muestreo para su análisis de laboratorio





**Anexo 07:** Puntos de muestreo N°P1. Manantial





**Anexo 08:** Puntos de muestreo N°P2.Reservorio





**Anexo 09:** Puntos de muestreo N°P3. Primera vivienda



**Anexo 10:** Puntos de muestreo N°P4. Ultima vivienda

