

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MANANTIALES DE**

**LA COMUNIDAD DE ICHU RAYA, DISTRITO DE CHUCUITO - 2025**

**PRESENTADA POR:**

**EVER ELVIS PHOCCO COLQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2025**



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



6.32%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 4 SEP 2025, 12:37 PM

### Similarity report

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

● IDENTICAL  
1.13%

● CHANGED TEXT  
5.19%

## Report #28339717

EVER ELVIS PHOCCO COLQUE // CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE ICHU RAYA, DISTRITO DE CHUCUITO -2025

RESUMEN La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano en los manantiales de la comunidad de Ichu Raya, distrito de Chucuito, conforme a lo establecido en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, durante el año 2025. Para ello, se aplicó una metodología basada en análisis físico-químicos y microbiológicos, bajo un diseño de tipo descriptivo. Las muestras fueron recolectadas de dos manantiales denominados “Ahuayllani” e “Inca Uyo”, extrayéndose un litro de agua por cada fuente. Los resultados fisicoquímicos obtenidos se ubicaron dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: el pH fue de 6,58 en Ahuayllani y 6,30 en Inca Uyo (rango ECA: 6,5–8,5), la conductividad eléctrica de 238 y 168,66  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ECA: 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), los sólidos totales disueltos de 123,20 y 7,95 mg/L (ECA: 1000 mg/L), y las concentraciones de cloruros (2,10 y 5,80 mg/L), sulfatos (0,95 y 0,75 mg/L), dureza (4,20 y 29,05 mg/L) y nitratos (0,30 y 0,40 mg/L), todas por debajo de los valores máximos permitidos por la normativa. En cuanto a los parámetros microbiológicos, se detectaron coliformes totales de 4 UFC/100 mL en ambos manantiales, superando el límite de 0 UFC/100 mL exigido por el ECA, mientras que los coliformes termotolerantes fueron  $<1$  UFC/100 mL, dentro del estándar.

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

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MANANTIALES DE  
LA COMUNIDAD DE ICHU RAYA, DISTRITO DE CHUCUITO - 2025**

**PRESENTADA POR:**

**EVER ELVIS PHOCCO COLQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO

:

  
\_\_\_\_\_  
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
\_\_\_\_\_  
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

:

  
\_\_\_\_\_  
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental.

Líneas de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 23 de setiembre del 2025.

## DEDICATORIA

A ti, Fiorela, mi amor, mi sostén y mi inspiración esta tesis es el resultado de noches largas, desafíos superados y metas alcanzadas, pero sobre todo, es un logro que quiero dedicarte a ti, porque fuiste mi fuerza cuando flaqueaba, mi alegría en los momentos de estrés y mi motivación para no rendirme. Cada página lleva implícito tu apoyo incondicional, tus palabras de aliento y ese amor que convirtió lo complejo en posible. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por ser mi compañera en este camino y por iluminar mi vida con tu sonrisa. Que estas líneas sean un testimonio de que, contigo a mi lado, ningún sueño es demasiado grande.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi fuente de inspiración en cada paso que doy.

A mis Docentes, por su sabiduría, paciencia y por compartir conmigo su conocimiento y experiencia.

A mi Familia y seres queridos, por su comprensión, ánimo y por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles.

A todos aquellos que, de una forma u otra, han contribuido a la realización de esta tesis, mi más sincero agradecimiento.

## AGRADECIMIENTOS

Con profundo respeto y gratitud, deseo expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Privada San Carlos, por ser el pilar fundamental en mi formación académica y profesional. A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por brindarme las herramientas, conocimientos y valores que hoy me permiten culminar esta importante etapa de mi vida.

A la plana docente, por su dedicación, paciencia y compromiso con la enseñanza. Cada uno de ustedes ha contribuido de manera significativa a mi formación. Gracias por compartir su sabiduría, por motivarnos a superar desafíos y por guiarnos con vocación y entrega

Mi especial reconocimiento al Ing. MG. Julio Wilfredo Cano Ojeda, asesor de este trabajo de investigación, por su guía constante, sus valiosas observaciones y su compromiso con la excelencia académica. Su acompañamiento ha sido clave en el desarrollo de este proyecto, y su dedicación ha dejado una huella imborrable en mi formación.

Asimismo, extiendo mi agradecimiento a los miembros del jurado, por su tiempo, sus aportes críticos y constructivos, y por contribuir al fortalecimiento de este trabajo con su experiencia y conocimiento. Su participación ha enriquecido significativamente el proceso académico.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13

### CAPÍTULO I

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

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	17
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>17</b>
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	17
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	19
1.2.3. A NIVEL REGIONAL O LOCAL	20
<b>1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>21</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	21
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22

## CAPÍTULO II

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

<b>2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	<b>23</b>
2.1.1. MANANTIALES	23
2.1.2. CALIDAD DE AGUA	24
2.1.3. CONDICIONES DE POTABILIDAD DEL AGUA	25
2.1.4. INDICADORES FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA	26
2.1.5. PARÁMETROS DE CALIDAD EXIGIDOS POR LOS ECA EN AGUA DE CONSUMO HUMANO (CATEGORÍA A, SUBCATEGORÍA 1)	32
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>32</b>
<b>2.3. MARCO NORMATIVO</b>	<b>34</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>35</b>
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	35
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	35

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

<b>3.1 ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>36</b>
<b>3.2. TAMAÑO DE MUESTRA</b>	<b>37</b>
3.2.1. POBLACIÓN	37
3.2.2. MUESTRA	37
<b>3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	<b>38</b>
3.3.1. MÉTODO DE MUESTREO DE AGUA	39
3.3.2. MÉTODOS DE LABORATORIO	41
3.3.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL LABORATORIO	41
3.3.4. MATERIALES	42
<b>3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>44</b>

<b>3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>44</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1. CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE ICHU RAYA, DISTRITO DE CHUCUITO -2025</b>	<b>46</b>
4.1.1. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE ACUERDO AL D.S. 004 – 2017 MINAM DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, DE LOS MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE ICHU RAYA , DISTRITO DE CHUCUITO	46
<b>4.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DE LOS MANANTIALES DE LOS MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE ICHU RAYA, DISTRITO DE CHUCUITO-2025</b>	<b>52</b>
4.2.1. DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LOS VALORES FÍSICO QUÍMICOS.	52
4.2.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE ACUERDO AL D.S. 004 – 2017 MINAM DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, DE LOS MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE ICHU RAYA , DISTRITO DE CHUCUITO.	62
<b>4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS</b>	<b>65</b>
4.3.1. CONTRASTE DE HIPÓTESIS GENERAL	65
4.3.2. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	65
4.3.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	66
4.3.4. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3	67
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>68</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>70</b>

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 01:</b> Estándares de Calidad Ambiental (ECA)	32
<b>Tabla 02:</b> Coordenadas para las muestras de agua	38
<b>Tabla 03:</b> Estandares de Calidad Ambiental (ECA) Categoría 1 Subcategoría A1 para potabilizar el agua.	42
<b>Tabla 04:</b> Proceso de operacionalización de las variables	44
<b>Tabla 05:</b> Niveles de los parámetros fisicoquímicos en los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo	47
<b>Tabla 06:</b> Resultados microbiológicos por repetición y promedio en los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo	48
<b>Tabla 07:</b> Análisis comparativo entre los valores medios de los parámetros del manantial Ahuayllani y los límites del D.S. 004-2017-MINAM.	49
<b>Tabla 08:</b> Contraste de los valores promedio de los parámetros del manantial Inca Uyo frente a los ECA del D.S. 004-2017-MINAM.	50
<b>Tabla 09:</b> Análisis T-Student para comparación de medias	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 01:</b> Localización de la zona objeto de análisis	37
<b>Figura 02:</b> Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.	38
<b>Figura 03:</b> Promedio del color del agua en los manantiales de la comunidad de Ichu Raya, distrito de Chucuito – 2025	53
<b>Figura 04:</b> Valor de conductividad del agua de los manantiales del centro poblado de Ichu Raya.	54
<b>Figura 05:</b> Promedio del pH del agua en los manantiales del centro poblado de Ichu Raya.	55
<b>Figura 06:</b> Valor promedio de Cloruros del agua de los manantiales del centro poblado de Ichu Raya	56
<b>Figura 07:</b> Niveles de sulfatos en los manantiales del centro poblado de Ichu Raya.	57
<b>Figura 08:</b> Valor medio de la Dureza Total del agua de los manantiales del centro poblado de Ichu Raya.	58
<b>Figura 09:</b> Valor medio de sólidos totales disueltos del agua de los manantiales del centro poblado de Ichu Raya.	60
<b>Figura 10:</b> Concentraciones medias de coliformes totales en los manantiales de Ahuayllani e Inca Uyo en comparación con los establecidos en el D.S. 004-2017 MINAM.	63
<b>Figura 11:</b> Concentración de coliformes termotolerantes de la primera repetición.	64
<b>Figura 12:</b> Toma de muestras del punto de captación del manantial de Ahuayllani.	91
<b>Figura 13:</b> Toma de la última muestra de los manantiales de Ahuayllani.	91
<b>Figura 14:</b> Toma de muestras del punto de captación manantial de Inca Uyo	92
<b>Figura 15:</b> Conservación de las muestras tomadas del manantial de Inca Uyo para el traslado al laboratorio	92

<b>Figura 16:</b> Conservación de las muestras tomadas del manantial de Inca Uyo para el traslado al laboratorio.	93
<b>Figura 17:</b> Muestras tomadas para el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos al laboratorio de INIA.	93
<b>Figura 18:</b> Certificado de análisis de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de la Ahuayllani.	94
<b>Figura 19:</b> Certificado de análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras de Inca Uyo	95

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia: CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE ICHU RAYA, DISTRITO DE CHUCUITO -2025	76
<b>Anexo 02:</b> Reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S. 004 – 2017 MINAM	77
<b>Anexo 03:</b> Manual ASTM D 4448:2001MJ	89
<b>Anexo 04:</b> Panel fotográfico	91
<b>Anexo 05:</b> Resultado de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la comunidad ichu raya	94

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano en los manantiales de la comunidad de Ichu Raya, distrito de Chucuito, se aplicó una metodología descriptiva basada en análisis físico-químicos y microbiológicos, conforme al Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Las muestras recolectadas de los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo (1 litro por fuente) evidenciaron que los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA): pH de 6,58 y 6,30 (rango permitido: 6,5–8,5), conductividad eléctrica de 238 y 168,66  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (máximo: 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), sólidos totales disueltos de 123,20 y 7,95 mg/L (límite: 1000 mg/L), así como niveles bajos de cloruros, sulfatos, dureza y nitratos. En cuanto a los parámetros microbiológicos, se detectaron coliformes totales (4 UFC/100 mL) y coliformes termotolerantes (1 UFC/100 mL), ambos dentro de los límites permitidos por el ECA (50 y 20 UFC/100 mL, respectivamente). Aunque los resultados cumplen con la normativa vigente, la presencia de coliformes totales sugiere una leve influencia ambiental, por lo que se concluye que el agua es apta para consumo humano previo proceso de desinfección, siendo indispensable implementar medidas periódicas de saneamiento en la zona de captación para garantizar la seguridad sanitaria de la población.

**Palabras clave:** Calidad de agua, Cloruros, Dureza, Microbiológicos, Nitratos.

## ABSTRACT

To evaluate the quality of water intended for human consumption in the springs of the Ichu Raya community, Chucuito district, a descriptive methodology based on physicochemical and microbiological analyses was applied, in accordance with Supreme Decree No. 004-2017-MINAM. Water samples collected from the Ahuayllani and Inca Uyo springs (1 liter per source) showed that physicochemical parameters were within the limits established by the Environmental Quality Standards (ECA): pH values of 6.58 and 6.30 (acceptable range: 6.5–8.5), electrical conductivity of 238 and 168.66  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (maximum: 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), total dissolved solids of 123.20 and 7.95 mg/L (limit: 1000 mg/L), along with low levels of chlorides, sulfates, hardness, and nitrates. Regarding microbiological parameters, total coliforms (4 CFU/100 mL) and thermotolerant coliforms (1 CFU/100 mL) were detected, both within the permissible limits set by the ECA (50 and 20 CFU/100 mL, respectively). Although the results comply with current regulations, the presence of total coliforms suggests slight environmental influence; therefore, the water is considered suitable for human consumption following disinfection, and it is essential to implement regular sanitation measures at the catchment area to ensure public health safety.

**Keywords:** Water quality, Chlorides, Hardness, Microbiological, Nitrates.

## INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud/UNICEF, menciona que el agua constituye un recurso vital para la existencia humana y el progreso sostenible, siendo indispensable en ámbitos como la salud, la agricultura, la generación de energía y el equilibrio de los ecosistemas. No obstante, su disponibilidad continúa siendo un reto a nivel mundial: más de 2.200 millones de personas no cuentan con acceso a agua potable segura, y aproximadamente el 80 % de las aguas residuales son vertidas al entorno sin tratamiento adecuado. Factores como el cambio climático, el aumento demográfico y la contaminación agravan la presión sobre las fuentes hídricas, provocando tensiones sociales y afectando principalmente a poblaciones en situación de vulnerabilidad. Por ello, asegurar el acceso universal al agua y promover su gestión responsable se ha convertido en una necesidad urgente para el futuro de la humanidad.

La calidad del agua destinada al consumo humano es un aspecto fundamental para la salud pública y el bienestar de las comunidades. En este contexto, el presente estudio se enfoca en evaluar las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua proveniente de los manantiales de Ahuayllani e Inca Uyo, ubicados en la comunidad de Ichu Raya, distrito de Chucuito, durante el año 2025. La investigación compara los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, específicamente en la Categoría 1, Subcategoría A, correspondiente al uso para consumo humano.

A través de un análisis detallado de parámetros como pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, cloruros, sulfatos y coliformes, se busca determinar la aptitud del agua para el consumo directo. Además, se aplica una prueba estadística (T de Student) para identificar posibles diferencias significativas entre ambos manantiales. Los hallazgos permitirán establecer recomendaciones sobre el tratamiento y manejo del recurso hídrico, contribuyendo así a la mejora de la calidad de vida en la comunidad.

Este trabajo consta de cuatro capítulos.

El primer capítulo aborda la exposición del problema, los antecedentes y los objetivos de la investigación.

El segundo capítulo desarrolla la hipótesis, el marco conceptual y el marco teórico.

El tercer capítulo trata sobre la metodología del estudio.

El cuarto capítulo presenta y analiza los resultados obtenidos.

Por último, se discuten las conclusiones y las sugerencias.

## CAPÍTULO I

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

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un recurso vital para la existencia en nuestro planeta, pero actualmente se enfrenta a graves problemas globales, como la falta de disponibilidad, distribución inequitativa de agua potable, contaminación y los impactos del calentamiento global. Para resolver estas dificultades, es necesario un esfuerzo conjunto a escala internacional, que incluya medidas para una administración responsable, la preservación de las fuentes hídricas, el cuidado de los hábitats acuáticos y la distribución justa de los servicios de agua. La cooperación entre autoridades, entidades globales, empresas y la comunidad es fundamental para aplicar medidas eficientes y asegurar el abastecimiento de agua limpia y sostenible para toda la población.

Investigaciones recientes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la (UNESCO) sugieren que aumentar el acceso al saneamiento básico, las prácticas de higiene y el agua potable podría evitar casi 400 000 muertes anuales por enfermedades diarreicas en niños menores de cinco años. Según estos hallazgos, proporcionar servicios básicos de agua y saneamiento es fundamental para salvaguardar la salud de los niños en todo el mundo. (UNESCO, 2023).

En el Perú, aunque una gran parte de la población urbana dispone de agua potable y alcantarillado, la realidad en las zonas rurales continúa siendo preocupante. Allí, la falta de servicios básicos contribuye a que una proporción significativa de niños pequeños enfrente problemas de salud: aproximadamente un tercio de los que tienen entre 6 y 36 meses sufre anemia y una fracción de los menores de cinco años presenta desnutrición. Estas condiciones se relacionan directamente con la limitada calidad del agua, pues está comprobado que un adecuado acceso a agua segura disminuye la incidencia de enfermedades diarreicas, las cuales agravan la desnutrición infantil y limitan su desarrollo integral. (SUNASS, 2024).

La región de Puno está integrada por 13 provincias y 110 distritos, en cada uno de los cuales funciona un Área Técnica Municipal (ATM), cuya labor consiste en supervisar y fiscalizar la prestación de los servicios de saneamiento, conforme a lo dispuesto en el D.L N.º 1280. Las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) son las responsables de operar estos servicios, pero enfrentan serias dificultades en la gestión, operación y mantenimiento de los sistemas. Como consecuencia, gran parte de la población consume agua no potable de manera permanente, lo que favorece la propagación de enfermedades parasitarias y digestivas. Este problema subraya la necesidad de fortalecer las capacidades de las JASS y mejorar la infraestructura de saneamiento para garantizar agua segura y reducir los impactos en la salud pública, especialmente en las zonas más vulnerables. (Pacohuanaco, 2023).

La comunidad De Ichu Raya, Distrito de Chucuito, cuenta con un sistema de abastecimiento de agua que incluye un reservorio alimentado por una captación de manantial. Sin embargo, este sistema presenta graves deficiencias en la gestión del servicio de agua potable y saneamiento básico, debido a la falta de procesos adecuados de potabilización, desinfección, tratamiento y mantenimiento por parte de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) y la municipalidad local.

Además, la falta de educación sanitaria en la población agrava el problema, ya que existe poca conciencia sobre la importancia del agua segura para el consumo humano. Esta situación incrementa el riesgo de enfermedades relacionadas con el agua contaminada, afectando la salud de los habitantes. Ante esta problemática, resulta urgente evaluar la calidad del agua e implementar soluciones efectivas para mejorar el saneamiento básico en la comunidad de Ichu Raya. Esto requerirá no solo mejoras en la infraestructura, sino también campañas de sensibilización para promover prácticas adecuadas de higiene y uso responsable del agua.

#### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano según el D.S. 004 – 2017 MINAM de los manantiales de La Comunidad de Ichu Raya, distrito de Chucuito-2025?

#### **1.1.2. PROBLEMAS ESPÈCIFICOS**

- ¿Qué parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano, de los manantiales, de La Comunidad De Ichu Raya, distrito de Chucuito cumplirán con los ECA establecidos en el D.S. 004 – 2017 MINAM?
- ¿Qué parámetros microbiológicos del agua para consumo humano, de los manantiales de La Comunidad De Ichu Raya, distrito de Chucuito cumplirán con los ECA establecidos en el D.S. 004 – 2017 MINAM?
- ¿Qué diferencias existen entre la calidad de las aguas de los manantiales de la comunidad Ichu Raya distrito de Chucuito?

### **1.2. ANTECEDENTES**

#### **1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL**

Palacios y Velazquez (2020), en su trabajo titulado “Evaluación de la calidad del agua de consumo humano en la comunidad San Rafael, provincia de Pichincha”. El estudio evaluó las características físico-químicas y microbiológicas del sistema de abastecimiento hídrico mediante análisis comparativos con los estándares establecidos en el TULSMA. Los

resultados identificaron dos parámetros críticos fuera de norma: turbidez y concentración de aluminio. Como medida correctiva, se recomienda implementar un protocolo de desinfección trimestral utilizando hipoclorito de calcio, aplicado integralmente a toda la infraestructura del sistema (desde la captación hasta la distribución), con el objetivo de eliminar contaminación microbiológica y mantener la calidad del agua dentro de los límites permisibles. Esta intervención periódica busca garantizar la inocuidad del recurso hídrico y prevenir riesgos sanitarios en la población usuaria.

Parra (2020), Un estudio realizado sobre 288 acueductos rurales en Boyacá, Colombia, muestra que el 60% presenta contaminación microbiológica por coliformes y E. coli, el 40% excede los valores permitidos de turbiedad y más del 70% no dispone de cloro residual en niveles adecuados, lo que refleja importantes fallas en los procesos de potabilización y en la gestión operativa. Esta situación, que compromete la seguridad hídrica de las comunidades, exige implementar estrategias personalizadas para cada sistema, incluyendo optimización de tratamientos (filtración, desinfección), monitoreo constante de parámetros críticos, capacitación de operadores y adecuación técnica de infraestructuras, con el fin de garantizar agua segura y prevenir enfermedades de origen hídrico en la población rural.

Barros et al. (2023), su estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua subterránea para consumo humano en el barrio La Pradera (Villa Gesell, Buenos Aires), analizando 26 muestras de perforaciones domésticas mediante la determinación in situ de conductividad eléctrica y concentraciones de nitratos/nitritos. Los resultados revelaron que el 38% de las muestras incumplían la normativa vigente, registrando valores de 5-400 mg/L para nitratos, 1-5 mg/L para nitritos y 260-1370  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de conductividad. Estos hallazgos demuestran una problemática significativa en la calidad del recurso hídrico, por lo que se recomienda a las autoridades sanitarias municipales implementar programas de

capacitación comunitaria sobre métodos adecuados de potabilización para garantizar la seguridad del agua de consumo proveniente de fuentes subterráneas.

### **1.2.2. A NIVEL NACIONAL**

Mau (2023), en su tesis “Caracterización de la calidad del abastecimiento de agua que consume el centro Poblado de Santa Rosa de Yapáz en el distrito San Luis de Shuaro en Chanchamayo Región Junín”, El análisis de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos en los puntos de captación y pileta, según el DS N° 031-2010-SA, reveló que los metales pesados (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn) se encuentran por debajo de los LMP, mientras que los coliformes totales y fecales en la pileta presentaron niveles insignificantes debido a una correcta cloración, cumpliendo satisfactoriamente con la normativa vigente de calidad de agua para consumo humano.

Palomino (2023), en su tesis “Evaluación de calidad de agua para consumo humano en el manantial estange del sector Patawasi, Checacupe-Canchis-Cusco 2022” El estudio evaluó la calidad del agua para consumo humano en los manantiales Estange 1 y 2 mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos e inorgánicos, comparando los resultados con los estándares del DS N° 0004-2017-MINAM y DS N° 0031-2010-SA. Los parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad, sólidos totales disueltos y turbiedad cumplieron con los requisitos, mientras que la temperatura, dureza, DBO y oxígeno disuelto excedieron los límites permitidos. Microbiológicamente, los coliformes totales superaron los niveles aceptables, aunque los coliformes fecales se mantuvieron dentro de la norma, mientras que los parámetros inorgánicos resultaron aptos. Ante estos hallazgos, se recomienda implementar una planta de tratamiento de agua potable (PTAP) para garantizar la calidad del recurso hídrico.

Pacaya y Pascal (2022), en su investigación titulada “Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en 10 sistemas de abastecimiento de agua del distrito de Manantay”, El estudio evaluó la calidad del agua para consumo humano en 10 sistemas

de abastecimiento, analizando tres puntos por sistema (reservorio, primera y última vivienda) según el DS N° 031-2010-SA. Los resultados revelaron que los 10 sistemas superan los LMP de coliformes totales y termotolerantes; 5 excedieron el límite de turbiedad y 3 el de hierro, mientras que ninguno cumplió con el LMP de cloro residual. Sin embargo, parámetros como conductividad, sólidos disueltos, pH, temperatura y aluminio se mantuvieron dentro de los valores referenciales. Estos hallazgos determinan que el agua de los 10 sistemas evaluados no es apta para consumo humano, evidenciando la necesidad urgente de implementar medidas correctivas para garantizar su potabilidad.

Poma (2023), en su tesis "Evaluación de la calidad de agua física, microbiológica y parasitológica en el sistema de agua potable y del sistema alcantarillado de la zona urbana de la comunidad campesina de San Antonio de Rancas, Distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco", La investigación se enfocó en analizar la calidad del agua en los sistemas de gestión comunitaria, en el marco del proyecto "Mejoramiento y ampliación de los servicios de agua potable y alcantarillado", con el propósito de contribuir a la disminución de enfermedades de origen infeccioso. Los resultados mostraron que, aunque el agua cumple con los parámetros físicos, microbiológicos y parasitológicos del DS N° 031-2010-SA, se requiere mejorar el mantenimiento y modernización de las instalaciones, particularmente en la dosificación manual de cloro que puede comprometer la calidad. Respecto al alcantarillado, si bien cumple con el DS N° 003-2010-MINAM, la infraestructura de tratamiento de aguas residuales se encuentra deteriorada y en algunos casos inoperativa, lo que representa un riesgo potencial para la calidad del agua del río San Juan y el medio ambiente circundante.

### **1.2.3. A NIVEL REGIONAL O LOCAL**

Roque (2024), evaluó la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua para consumo humano en el distrito de Santiago de Pupuja (Azángaro, Puno), analizando 27 muestras recolectadas durante tres meses en tres puntos estratégicos: manantial, reservorio y

piletas domiciliarias. Los resultados mostraron niveles elevados de coliformes totales (12.40–141.00 NMP/100 ml) y termotolerantes (3.00–9.77 NMP/100 ml), así como concentraciones de sulfatos (208.00–343.33 mg/l) que superan los límites establecidos en el DS N° 031-2010-SA. Aunque otros parámetros como pH (7.37–8.13), dureza (30.00–53.00 mg/l), conductividad eléctrica (399.00–649.33  $\mu$ S/cm), nitratos (1.00–1.67 mg/l) e hierro (0.00 mg/l) se mantuvieron dentro de los estándares, la presencia de contaminación microbiológica y sulfatos excedentes demuestra que el agua no es apta para consumo humano, requiriendo intervenciones urgentes de tratamiento y saneamiento para garantizar su seguridad.

Avila (2024), En la tesis denominada “Evaluación de la Calidad de Agua Subterránea para Consumo Humano, Distrito de Paucarcolla, 2022”, se llevó a cabo un análisis de la calidad del agua destinada al consumo humano en dicho distrito, aplicando un enfoque cuantitativo. Para ello, se tomaron muestras de tres pozos y se evaluaron siguiendo los lineamientos establecidos por el Ministerio del Ambiente, en el Laboratorio de Control de Calidad de la Universidad Nacional del Altiplano. Los parámetros físicos (pH 7.01-7.56, temperatura constante de 15°C), químicos (dureza, alcalinidad, cloruros) y microbiológicos (ausencia de coliformes totales y fecales) cumplieron con los estándares del D.S. N° 031-2010-SA, demostrando que el agua es apta para consumo humano y que todos los indicadores se mantuvieron dentro de los límites permisibles, garantizando así la calidad del recurso hídrico en la zona.

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

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

- Evaluar la calidad del agua para consumo humano de acuerdo al D.S. 004 – 2017 MINAM de los manantiales de la comunidad de Ichu Raya , distrito de Chucuito -2025

### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos de acuerdo al D.S. 004 – 2017 MINAM del agua para consumo humano, de los manantiales de la comunidad de Ichu Raya , distrito de Chucuito.
- Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos de acuerdo al D.S. 004 – 2017 MINAM del agua para consumo humano, de los manantiales de la comunidad de Ichu Raya , distrito de Chucuito.
- Determinar la diferencia entre la calidad de las aguas de los manantiales de la comunidad Ichu Raya distrito de Chucuito.

## CAPÍTULO II

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

#### 2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

##### 2.1.1. MANANTIALES

El agua segura se define como aquel recurso hídrico que, tras los procesos de tratamiento adecuados, carece de elementos perjudiciales para la salud humana, incluyendo tanto contaminantes químicos (metales pesados, compuestos orgánicos volátiles, pesticidas) como agentes biológicos patógenos (bacterias coliformes, virus entéricos, protozoarios). Esta condición de potabilidad es fundamental pues el acceso al agua constituye un derecho humano fundamental reconocido internacionalmente, siendo determinante para el desarrollo biológico adecuado, la prevención de enfermedades hídricas y el mantenimiento de condiciones básicas de salubridad que impactan directamente en la esperanza y calidad de vida de las poblaciones. La garantía de este derecho implica necesariamente la implementación de sistemas de monitoreo continuo, infraestructura de tratamiento adecuada y políticas públicas que aseguren su provisión equitativa (Garros y Safar, 2020).

##### 2.1.1.1 Sistema de abastecimiento de agua

Los sistemas de abastecimiento hídrico comprenden un conjunto integrado de infraestructuras y tecnologías diseñadas para captar, transportar, tratar, almacenar y distribuir agua -ya sea de fuentes superficiales o subterráneas- hasta los puntos de consumo final, garantizando el suministro en cantidad suficiente y calidad adecuada

según los estándares establecidos por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Cada componente del sistema debe cumplir estrictamente con las normativas técnicas vigentes para asegurar que el agua llegue a los usuarios en condiciones óptimas que satisfagan las demandas de la población (Pacaya y Pascal, 2022).

### **2.1.2. CALIDAD DE AGUA**

La calidad del agua, determinada por sus características físicas (turbiedad, temperatura), químicas (pH, metales pesados, nitratos) y bacteriológicas (coliformes, E. coli), define su idoneidad para el consumo humano, donde parámetros fuera de norma pueden comprometer la seguridad sanitaria al causar enfermedades gastrointestinales, intoxicaciones o problemas crónicos, además de afectar el desarrollo económico al limitar actividades productivas; por ello, su monitoreo constante, tratamiento adecuado y gestión eficiente son esenciales para garantizar agua segura, proteger la salud pública y promover el crecimiento sostenible (Chávez, 2020).

#### **2.1.2.1 Fuentes de abastecimiento de agua**

Los sistemas de abastecimiento hídrico utilizan diversas fuentes naturales o artificiales (como ríos, pozos o embalses) para captar el agua cruda que, tras ser sometida a procesos de purificación, se distribuye como agua potable a la comunidad, siendo esta etapa inicial de extracción fundamental para garantizar un suministro continuo y de calidad que satisfaga las necesidades básicas de la población. Estas fuentes se dividen principalmente en dos categorías:

- a. Fuentes superficiales :** El suministro de agua para consumo humano en numerosas áreas geográficas se sustenta principalmente en cuerpos de agua superficiales, incluyendo cauces fluviales, sistemas lacustres y reservorios artificiales, que constituyen la base de los sistemas de provisión hídrica. Estas fuentes naturales representan un componente crítico en la cadena de abastecimiento, requiriendo

procesos de captación, tratamiento y distribución para transformar el agua cruda en un recurso apto para el consumo humano, siendo su disponibilidad y calidad factores determinantes para garantizar el acceso a este recurso vital en comunidades urbanas y rurales.

- b. Fuentes subterráneas:** Las fuentes subterráneas de agua -principalmente manantiales, acuíferos y pozos- constituyen recursos hídricos fundamentales para el abastecimiento de agua potable, especialmente en regiones donde las fuentes superficiales resultan insuficientes o inadecuadas para el consumo humano, proporcionando una alternativa vital que garantiza el acceso al recurso en diversas comunidades.

Los sistemas de abastecimiento hídrico captan el recurso tanto de fuentes naturales subterráneas como superficiales, las cuales requieren procesos de tratamiento adaptados a sus características fisicoquímicas y microbiológicas específicas para garantizar que el agua distribuida cumpla con los estándares de calidad y cantidad requeridos en los puntos de consumo, siendo la complejidad del tratamiento directamente proporcional al grado de contaminación y composición particular de cada fuente (Orozco, 2019).

### **2.1.3. CONDICIONES DE POTABILIDAD DEL AGUA**

La calidad del agua destinada a consumo humano se determina mediante el cumplimiento de ciertos estándares, entre ellos sabor, olor, color, turbidez, pH y características físico-químicas, que aseguran su inocuidad y aceptabilidad. Es fundamental considerar el origen del agua, ya provenga de fuentes subterráneas o superficiales, y realizar un análisis exhaustivo de su calidad en cada fase, desde la captación hasta su distribución. Implementar un enfoque holístico en el tratamiento del agua es clave para garantizar que cumpla con los estándares de pureza y salubridad requeridos para el uso humano (Chulluncuy, 2021).

#### 2.1.4. INDICADORES FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA

Entre las particularidades del agua destacan su comportamiento capilar, la alta capacidad de retener calor, la fuerte unión molecular y su eficacia como disolvente universal, cualidades que la hacen fundamental tanto en los procesos biológicos como en la estabilidad de los ecosistemas. Al ser un solvente universal, puede disolver una amplia gama de sustancias, facilitando reacciones químicas vitales. Su estructura molecular, con enlaces fuertes, la hace prácticamente incompresible. Además, gracias a su alta capacidad térmica, el agua absorbe y libera calor con eficiencia, regulando así la temperatura en los seres vivos y en el medio ambiente. Por último, su propiedad de capilaridad permite que, a pesar de la gravedad, ascienda por espacios estrechos, como los vasos conductores de las plantas, favoreciendo el transporte de nutrientes y agua (Fuentes, 2021).

El agua natural, al interactuar con elementos como las rocas, el suelo, la vegetación y las capas subterráneas, incorpora diversas sustancias mediante procesos de disolución, erosión o intercambio con ciertos gases. Además, la presencia de organismos acuáticos influye en su composición orgánica, ya que estos participan en la absorción y liberación de diferentes compuestos. La química del agua dulce varía según factores como las características geológicas de la zona y la presencia de gases disueltos. Los principales constituyentes del agua son los carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos, mientras que en proporciones menores se encuentran fosfatos, silicatos y ciertos metales. Además, suele presentar pequeñas cantidades de gases disueltos como oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono (Martínez, 2021).

El agua, en su estado original, alberga pequeñas concentraciones de metales, fosfatos, silicatos y gases disueltos, entre los que destacan el dióxido de carbono, el oxígeno y el nitrógeno. Pese a ello, su composición química puede alterarse por el impacto de diversas actividades humanas como la industrialización, la actividad agrícola, la ganadera

y otros procesos económicos. Estas alteraciones ocurren, por ejemplo, cuando se mezclan aguas residuales de distintas procedencias o cuando sustancias químicas se infiltran en el suelo (Vargas, 2021).

#### **2.1.4.1 Parámetros Físicos**

##### **a. Color**

La coloración del agua se origina por la presencia de compuestos en disolución o en suspensión, los cuales pueden proceder de fuentes naturales como restos de materia orgánica vegetal o minerales tales como el hierro o bien de actividades antrópicas, como descargas agrícolas o industriales. Dicho fenómeno puede reflejarse en diferentes tonalidades, que van desde el aspecto transparente hasta variaciones verdosas, amarillentas, pardas o rojizas, dependiendo de su composición físico-química y biológica. Este indicador resulta fundamental para valorar la calidad del recurso hídrico, ya que revela la posible existencia de contaminantes y puede afectar directamente su potabilidad, constituyéndose en un criterio esencial tanto para el diagnóstico ambiental como para determinar su idoneidad para el consumo humano (Rolin, 2018).

##### **b. Turbidez**

La turbidez en el agua aparece por la presencia de partículas suspendidas que reducen su claridad. Este efecto puede originarse de procesos naturales, como la erosión del terreno o la descomposición de restos vegetales, así como de actividades humanas que generan contaminación. De acuerdo con los lineamientos de la OMS, el valor aceptable para agua destinada al consumo humano debe ser inferior a 5 Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). Es importante considerar que una turbidez elevada no solo evidencia la posible presencia de contaminantes, sino que también limita la acción de los desinfectantes, ya que las partículas en suspensión pueden proteger a microorganismos patógenos. Por ello, el control de este parámetro resulta esencial para lograr una desinfección efectiva y asegurar la calidad del agua potable (Llamosas, 2022).

### **c. Conductividad**

La conductividad eléctrica del agua está asociada a la cantidad de sales disueltas y a su grado de ionización. Dichas sales se separan en iones cargados positiva y negativamente, lo que posibilita el flujo de corriente eléctrica al interactuar entre ellos. No obstante, este parámetro por sí mismo no define la calidad del recurso hídrico, ya que un valor de conductividad dentro de lo habitual no asegura que los demás indicadores se mantengan en los niveles permitidos (Solís, 2018).

### **d. Sólidos Totales Disueltos**

Los sólidos disueltos totales (TDS) tienen como origen principal los procesos de erosión del suelo y están conformados por partículas microscópicas que permanecen en suspensión de forma estable, lo que dificulta su eliminación. Estos componentes influyen directamente en la calidad del agua, ya que favorecen el crecimiento de plancton y, además, pueden generar efectos fisiológicos adversos en las personas que la ingieren (Enrique, 2021).

## **2.1.4.2 Parámetros Químicos**

### **a. Potencial hidrógeno (pH)**

El pH del agua está determinado por la concentración de iones hidrógeno, lo que define su naturaleza ácida ( $\text{pH} < 7$ ), neutra ( $\text{pH} = 7$ ) o alcalina ( $\text{pH} > 7$ ). En condiciones naturales, el agua pura mantiene un valor cercano a la neutralidad; sin embargo, desviaciones notables pueden evidenciar contaminación por metales pesados u otros compuestos de origen antrópico. La medición directa en campo resulta esencial para asegurar la confiabilidad de este parámetro. La escala de pH oscila entre 0 (altamente ácido) y 14 (fuertemente alcalino), y valores fuera del intervalo de 4.4 a 9.6 se consideran acidez o alcalinidad titulable, lo que implica consideraciones técnicas relevantes en el tratamiento y en la evaluación de la calidad del recurso hídrico (Minam, 2017).

### **b. Cloruros**

El ion cloruro se encuentra entre los más frecuentes en el agua y, si bien no constituye por sí mismo un peligro directo para la potabilidad, su presencia en concentraciones elevadas puede evidenciar contaminación de origen antrópico, asociada a descargas industriales, aguas residuales o procesos de intrusión salina. En condiciones naturales, los valores de cloruros pueden mostrar una amplia variabilidad; no obstante, cuando alcanzan niveles altos, generan un sabor salobre característico que reduce la aceptabilidad del agua para el consumo humano (García, 2019).

### **c. Sulfatos**

La presencia de sulfatos en el agua subterránea proviene, en gran medida, de la oxidación de minerales sulfurosos, un proceso que ocurre cuando el agua superficial se filtra a través de formaciones rocosas. Esta reacción natural libera compuestos de azufre que, posteriormente, pueden concentrarse en los acuíferos (Bolaños, 2017).

La ingesta de agua con concentraciones elevadas de sulfatos, especialmente superiores a 400 mg/L, puede generar efectos adversos en la salud, tales como trastornos gastrointestinales, acción laxante, deshidratación e irritación del sistema digestivo, particularmente cuando se combinan con calcio y magnesio. Si bien estas sales son componentes naturales presentes en el recurso hídrico y resultan aceptables hasta ciertos niveles, su exceso —frecuentemente asociado a formaciones geológicas o a actividades mineras— compromete la potabilidad del agua. En tales casos, se requiere la aplicación de tratamientos específicos para reducir su concentración cuando se sobrepasan los valores recomendados para el consumo humano (Hinojosa, 2021)

### **d. Dureza Total**

La dureza del agua está relacionada con la presencia de iones como calcio, magnesio, estroncio y bario, generalmente vinculados a carbonatos y bicarbonatos. De acuerdo con su concentración expresada en carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), se clasifica como agua blanda cuando contiene menos de 60 mg/L, como moderadamente dura en el rango de

60 a 350 mg/L, y como dura cuando supera los 350 mg/L. Este parámetro resulta esencial para valorar tanto la calidad del recurso hídrico como sus posibles aplicaciones (Solís-Castro et al., 2018).

#### **e. Nitratos**

Los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) son iones de carga negativa formados por un átomo de nitrógeno y tres de oxígeno, presentes de manera natural en aguas superficiales y subterráneas como parte del ciclo biogeoquímico del nitrógeno. No obstante, las actividades antrópicas —en especial la aplicación intensiva de fertilizantes nitrogenados— han modificado este equilibrio, elevando sus concentraciones a través de procesos de lixiviación ocasionados por la lluvia o el riego. De acuerdo con la normativa europea, el límite máximo permitido en agua destinada al consumo humano es de 50 mg/L, recomendando como valor guía mantener concentraciones por debajo de 25 mg/L para garantizar su calidad. (Palomares, 2021).

### **2.1.4.3 Parámetros microbiológicos**

#### **a. Coliformes Totales**

Se trata de bacterias aeróbicas y anaeróbicas facultativas, de forma alargada, gramnegativas y no esporuladas, que suelen desarrollarse en pequeños grupos. En medios de cultivo selectivos presentan un aspecto rojo metálico brillante y, tras 24 horas de incubación a 35 °C, muestran fermentación de la lactosa (Larrea, 2019).

#### **b. Coliformes fecales**

Los coliformes termotolerantes constituyen un grupo de bacterias de tamaño muy reducido que se utilizan como indicadores de la calidad del agua, dado que poseen la capacidad de desarrollarse a temperaturas de hasta 45 °C. Su origen está estrechamente vinculado a la contaminación fecal, siendo *Escherichia coli* y algunas especies de *Klebsiella* los representantes más comunes (Larrea, 2019) .

#### **c. Bacterias heterotróficas**

Las bacterias heterotróficas, presentes de manera ubicua en los ecosistemas acuáticos, se consideran un indicador operativo relevante para evaluar la eficacia de los procesos de potabilización, especialmente en la fase de desinfección. Su recuento permite valorar la capacidad del sistema para remover microorganismos ambientales y controlar la proliferación bacteriana en las redes de distribución (Marchad, 2002).

#### **d. Organismos de vida libre**

Los Parámetros Microbiológicos Adicionales de Control Obligatorio (PACO) abarcan organismos no patógenos para el ser humano, entre los que se incluyen algas, protozoos, copépodos, rotíferos y nematodos en sus distintos estadios de desarrollo. Su monitoreo periódico, conforme a lo dispuesto en la normativa vigente, resulta esencial para asegurar la calidad microbiológica del agua (Minsa, 2010).

#### **e. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos**

Los helmintos son organismos pluricelulares de simetría bilateral que pueden medir desde menos de 1 mm hasta varios metros, caracterizándose por su morfología macroscópica, la cual los diferencia claramente de los protozoos. Estos últimos corresponden a microorganismos eucariotas unicelulares, con tamaños que oscilan entre 2 y 100  $\mu\text{m}$ , y presentan formas variadas —esféricas, ovoides o ameboides—. Al depender de una sola célula nucleada para realizar todas sus funciones vitales, suelen reproducirse por fisión binaria o múltiple, aunque algunas especies pueden hacerlo mediante conjugación sexual. Tanto helmintos como protozoos constituyen agentes relevantes de enfermedades parasitarias, diferenciándose por sus particulares características biológicas (Huamán, 2023).

## 2.1.5. PARÁMETROS DE CALIDAD EXIGIDOS POR LOS ECA EN AGUA DE CONSUMO HUMANO (CATEGORÍA A, SUBCATEGORÍA 1)

**Tabla 01:** Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

Parámetro	Unidad	ECA CATEGORÍA A SUB 1
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
Conductividad	µmho/cm	1500
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
Cloruros	mg/L	250
Sulfatos	mg/L	250
Dureza	mg/L	500
Nitratos	mg/L	50
coliformes totales	UFC/100 mL	50,00 UFC/100 mL a 35°C
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	20,00 UFC/100 mL a 35°C

UCV: Unidad de color verdadero.

UNT: Unidad nefelométricas de turbiedad.

UFC = Unidad Formadora de Colonias.

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

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

### Agua

El agua (H<sub>2</sub>O) está conformada por una molécula en la que dos átomos de hidrógeno (H) se enlazan covalentemente a un átomo de oxígeno (O), adoptando una geometría

angular. Esta disposición estructural es la base de las propiedades físico-químicas que caracterizan a esta sustancia (Funcagua, 2020).

### **Evaluación del estado del agua para uso humano**

Los sistemas de control de la calidad del agua integran procedimientos técnicos y de gestión orientados a verificar que el recurso hídrico se mantenga dentro de los parámetros físico-químicos y microbiológicos definidos por la normativa vigente. De esta manera, se asegura su inocuidad y su idoneidad para el consumo humano, conforme a los límites máximos permisibles establecidos por la legislación (DIGESA, 2010).

### **Calidad bacteriológica del agua.**

Las propiedades y atributos del agua que determinan su seguridad sanitaria forman parte de un sistema integral de protección frente a riesgos microbiológicos. Dicho sistema se alcanza mediante procesos de purificación que garantizan su aptitud para el consumo humano, en cumplimiento de los estándares de calidad establecidos para salvaguardar la salud pública (Cytel, 2019).

### **Coliformes totales**

El grupo de bacterias coliformes corresponde a bacilos Gram negativos, no formadores de esporas y de carácter anaerobio facultativo, cuya principal característica es la fermentación de la lactosa, produciendo ácido y gas en un periodo de 24 a 48 horas, a temperaturas entre 35 y 37 °C. Este comportamiento metabólico constituye el fundamento para su identificación como indicadores de contaminación fecal en los análisis microbiológicos del agua (Funcagua, 2020).

### **Coliformes Fecales**

Los coliformes fecales constituyen un bioindicador clave de contaminación en cuerpos de agua, suelos y alimentos, ya que su detección evidencia aporte de origen fecal y la posible presencia de agentes patógenos. Su identificación requiere la adopción de

medidas correctivas que reduzcan los riesgos sanitarios y aseguren la protección de la salud pública (Ministerio de Salud, 2014).

### **Cadena de Custodia**

El formato de registro de muestreo es un instrumento fundamental que organiza de manera sistemática la información clave del proceso de recolección, abarcando desde datos generales como fecha, hora y localización geográfica hasta detalles técnicos relativos a la metodología aplicada, condiciones de preservación y parámetros analíticos solicitados. Este registro asegura la trazabilidad del muestreo y respalda la cadena de custodia, constituyéndose en un elemento esencial para garantizar la confiabilidad de los resultados de laboratorio y el cumplimiento de los protocolos de calidad establecidos (Anchapuri, 2024).

### **2.3. MARCO NORMATIVO**

- Constitución Política del Perú.
- Ley N° 26842 - Ley general de salud.
- Ley general del ambiente N° 28611
- Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338
- Reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S. 004 – 2017 MINAM.
- 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 para consumo humano”
- Resolución Directoral N°3930-2009/DIGESA/SA. “Directiva sanitaria para la interpretación de resultados de ensayo de calidad de agua”.
- Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S N°031- 2010

## **2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La calidad del agua de los manantiales de la comunidad de Ichu Raya , distrito de Chucuito -2025, no es apta para consumo humano según (D.S. 004 – 2017 MINAM).

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- Los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano, de los manantiales de la comunidad de Ichu Raya , distrito de Chucuito no cumplen con los ECA establecidos en el D.S. 004 – 2017 MINAM.
- Los parámetros microbiológicos del agua para consumo humano, de los manantiales de la comunidad de Ichu Raya, distrito de Chucuito no cumplen con los ECA establecidos en el D.S. 004 – 2017 MINAM.
- No existe diferencia significativa entre la calidad de las aguas de los manantiales de los manantiales de la comunidad Ichu Raya distrito de Chucuito.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 ZONA DE ESTUDIO

El estudio tuvo lugar en el distrito de Chucuito, localizado al sur de la provincia de Puno, en la región del mismo nombre. Este distrito se encuentra a 3853 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas de 16°37' 49" S y 69°19' 19" O. ([Figura 01](#)). La zona se distingue por un relieve accidentado en el que predominan montañas, terrazas, pampas y microcuencas. El clima, exclusivo de la región de Suni en las tierras altas, es saturnino y tiene temperaturas variables que oscilan entre los 15 °C y los -5 °C, con una media anual de 10 °C. De mayo a agosto es cuando más abundan las heladas, mientras que de diciembre a abril es cuando se producen las lluvias.

- Coordenada manantial Ahuayllani: [-15.888641, -69.918061](#)
- Coordenada manantial Inca Uyo : [-15.892206, -69.917449](#)



**Figura 01:** Localización de la zona objeto de análisis

**Fuente:** Wikipedia

### 3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

#### 3.2.1. POBLACIÓN

La investigación se realizó en dos sistemas de abastecimiento de agua (reservorio) denominado “Ahuayllani” e “Inca Uyo” de la comunidad de Raya del distrito de Chucuito.

#### 3.2.2. MUESTRA

La muestra se obtiene mediante muestreo censal por conveniencia, de este modo los puntos de muestreo se enfocó en la selección de dos manantiales de agua denominados; “Ahuayllani” e “Inca Uyo” de la comunidad Ichu del distrito de Chucuito (Figura 02).

**Tabla 02:** Coordenadas para las muestras de agua

Punto de captación 1			Punto de captación 2		
Muestra	UTM	Volumen	Muestra	UTM	Volumen
Ahuayllani	<a href="#">15°53'19.71"S</a> <a href="#">69°55'8.12"O</a>	1000 ml	Inca Uyo	<a href="#">15°53'30.18"S</a> <a href="#">69°55'0.61"O</a>	1000 ml
<b>TOTAL</b>	2000 ml				



**Figura 02:** Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

**Fuente:** Google Earth Pro

### 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

**Tipo de investigación:**

Descriptivo correlacional

**Diseño de investigación**

No experimental - Transversal o Sincrónica

### 3.3.1. MÉTODO DE MUESTREO DE AGUA

La exposición se obtuvo mediante una censura de conveniencia; por lo tanto, el enfoque de la exposición se centró en la selección de dos manantiales de agua, «Ahuayllani» e «Inca Uyo», de la comunidad de Ichu, en el distrito de Chucuito (Resolución jefatural N° 010-2016-ANA).

El plan de trabajo en campo se desarrolla a través de las siguientes etapas:

#### a) Localización de los puntos de muestreo

Las ubicaciones de las exhibiciones en los manantiales de Ahuayllani e Inca Uyo se eligieron por su importancia como fuentes de agua potable y por su accesibilidad. Sus coordenadas UTM se registraron con GPS para garantizar la precisión de su ubicación, lo que permitió una evaluación confiable de la calidad del agua y aseguró la accesibilidad del monitor en los manantiales del centro poblado de Ichu Raya.

#### b) Preparativos previos al trabajo de campo

Previo al inicio del trabajo de campo, se desarrollaron actividades preparatorias que incluyeron la revisión exhaustiva de los equipos destinados a la toma de muestras, utilizando una lista de verificación para garantizar la disponibilidad de insumos. Asimismo, se organizaron los materiales de laboratorio, se elaboró el cronograma operativo, se prepararon los formatos de registro, se validó el funcionamiento de los equipos portátiles, se revisaron los mapas de los puntos de muestreo, se aseguró el transporte y se verificó la carga de los dispositivos, con el fin de garantizar un proceso de recolección ordenado y eficiente.

#### c) Desarrollo de actividades en el terreno

Al arribar al sitio de muestreo, se efectuó una inspección inicial del área antes de continuar con el procedimiento establecido:

- Las coordenadas obtenidas en el muestreo se documentaron, señalando claramente el sistema de referencia asociado.

- Se prepararon los envases de polietileno necesarios de acuerdo con la lista de parámetros a evaluar.
- Se etiquetaron los envases de polietileno correctamente. Para transportarlos, se utilizarán coolers para evitar la contaminación.
- Las muestras se almacenaron en posición vertical en el cooler, asegurando que los envases de polietileno estén protegidos para evitar roturas.
- Al concluir la campaña de muestreo, las muestras de agua fueron acondicionadas en contenedores cooler con temperatura controlada ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ), para garantizar la estabilidad térmica durante el traslado.

#### **d) Toma de muestras por parámetros**

Para garantizar la integridad de las muestras, se emplearon envases de polietileno especialmente seleccionados según los parámetros a evaluar, considerando su compatibilidad química y capacidad para preservar las características originales del agua. El volumen de cada muestra fue cuidadosamente calculado en función de los requisitos técnicos de los métodos analíticos estandarizados que serían aplicados posteriormente en el laboratorio acreditado, asegurando así la cantidad suficiente para todos los análisis programados mientras se optimiza el espacio de almacenamiento y transporte.

#### **- Parámetros Físico Químicos**

Siguiendo estrictos protocolos de campo, recolectamos las muestras sumergiendo cuidadosamente los frascos de polietileno hasta los 3.4 metros de profundidad. Antes de tomar la muestra definitiva, realizamos un minucioso prelavado: enjuagamos cada recipiente tres veces con el agua del mismo punto de muestreo, agitando vigorosamente y descartando el agua de lavado corriente abajo. Esta práctica, que ejecutamos con sumo cuidado evitando tocar las bocas de los frascos, garantiza la eliminación de cualquier residuo que pudiera comprometer los análisis. Llenamos los recipientes solo hasta el volumen requerido, manteniendo el espacio de cabeza necesario para una correcta

preservación, todo ello mientras garantiza asegurar de no contaminar las muestras con el contacto.

#### - **Parámetros Biológicos**

Para los análisis microbiológicos, preparamos con especial cuidado envases de polietileno esterilizados que transportamos en condiciones asépticas hasta el punto de muestreo. Durante la recolección, trabajamos con rapidez y precisión: se destapan los frascos solo en el momento exacto de tomar la muestra, minimizando al máximo la exposición al ambiente para evitar contaminaciones accidentales. Dejamos deliberadamente un pequeño espacio de aire -cerca del 5% de la capacidad total- no por descuido, sino porque sabemos que este detalle es crucial. Ese mínimo volumen libre permite la necesaria oxigenación que mantiene viables los microorganismos hasta su llegada al laboratorio, donde podrán ser analizados en condiciones controladas. Cada movimiento fue pensado para preservar la integridad biológica de las muestras, desde el instante de la recolección hasta su procesamiento final.

#### **3.3.2. MÉTODOS DE LABORATORIO**

Se emplearon las metodologías descritas según la Directiva del INIA para Muestreo de Agua en Laboratorio para toma de muestras de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.

#### **3.3.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL LABORATORIO**

La metodología de análisis se desarrolló bajo las disposiciones del Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano, según lo establecido en el D.S. 004-2017-MINAM.

**Tabla 03:** Estandares de Calidad Ambiental (ECA) Categoría 1 Subcategoría A1 para potabilizar el agua.

<b>Factor de análisis</b>	<b>Medida</b>	<b>Nivel máximo autorizado</b>
Color	UCV Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
Conductividad	μS/cm	1500
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000
pH	Unidad de pH	6,5 a 8,5
Cloruros	mg/L	250
Sulfatos	mg/L	250
Dureza	mg/L	500
Nitratos	mg/L	50
Coliformes Totales	UFC/100 mL	50,00
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	20,00

UCV: Unidad de color verdadera

UNT: Unidad nefelométricas de turbiedad.

UFC = Unidad Formadora de Colonias

**Fuente:** Reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S. 004 – 2017 MINAM.

### 3.3.4. MATERIALES

#### Fase de campo

Para iniciar con la recolección de muestras de los manantiales de Ahuayllani e Inca uyo el primer paso consiste en disponer de los materiales e implementos indispensables, entre los que se incluyen:

GPS portátil

- Acceso a Internet
- transporte
- Envases (plástico o vidrio, estériles y rotulados)
- Guantes de látex o nitrilo
- Mandil de laboratorio
- Barbijo o mascarilla
- Cuaderno de apuntes
- Bolígrafo
- Cooler
- Agua destilada (1 litro)
- Piseta de plástico (500ml)
- GPS
- Cámara Fotográfica
- Laptop
- USB

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 04:** Proceso de operacionalización de las variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Variable independiente</b>  Concentración de los  parámetros	Física	Color
		Turbiedad
		CE
		Sólidos totales disueltos
	Química	pH
		Cloruros
		Sulfatos
		Dureza total
		Nitratos
		Microbiológica
Coliformes fecales		
<b>Variable dependiente</b>  Calidad del Agua	Estándares de calidad ambiental	Buena  Regular  Mala

### 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

De acuerdo con la naturaleza de los datos recopilados y los objetivos planteados en la investigación, se aplicó un análisis estadístico de tipo descriptivo sobre las muestras obtenidas. Posteriormente, los resultados fueron contrastados con los valores de referencia establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, según lo dispuesto en el D.S. N.º 004-2017-MINAM. Para facilitar la comprensión y el análisis del

comportamiento de los datos, se utilizará una herramienta de análisis diagramático que permitirá visualizar los valores obtenidos en la medición de una característica de calidad. .

## **CAPÍTULO IV**

### **EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS**

#### **4.1. CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE ICHU RAYA, DISTRITO DE CHUCUITO -2025**

##### **4.1.1. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE ACUERDO AL D.S. 004 – 2017 MINAM DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, DE LOS MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE ICHU RAYA , DISTRITO DE CHUCUITO**

Para la determinación de los parámetros físicoquímicos del agua proveniente de los manantiales de Ahuayllani e Inca Uyo, se recolectaron muestras en los puntos de muestreo previamente establecidos: el primero en el manantial de Ahuayllani y el segundo en el manantial de Inca Uyo. Los análisis correspondientes se llevaron a cabo en el laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Los resultados físicoquímicos y microbiológicos obtenidos se presentan de manera organizada y sistemática, conforme a los registros proporcionados por dicho laboratorio.

**Tabla 05:** Niveles de los parámetros fisicoquímicos en los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo

<b>Resultados de los parámetros fisicoquímicos por manantial</b>				
<b>Manantial</b>			<b>Ahuayllani</b>	<b>Inca Uyo</b>
<b>Ítem</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>		
		UCV		
<b>1</b>	<b>Color</b>	escala Pt/Co	Incoloro	Incoloro
<b>2</b>	<b>CE</b>	μS/cm	173,80	111,6
<b>3</b>	<b>pH</b>	Und . pH	7,10	6,95
<b>4</b>	<b>Cloruros</b>	mg/L	2,10	5,80
<b>5</b>	<b>Sulfatos</b>	mg/L	0,95	0,75
	<b>Sólidos</b>			
<b>6</b>	<b>Totales</b>	mg/L	123,20	7,95
	<b>Disueltos</b>			
<b>7</b>	<b>Dureza</b>	mg/L	4,20	29,05
<b>8</b>	<b>Nitratos</b>	mg/L	0,30	0,40
<b>9</b>	<b>Turbiedad</b>	UNT	0,01	0,04

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos de los manantiales de Ahuayllani e Inca Uyo evidencian que ambos cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para agua de consumo humano. En Ahuayllani se registró un pH de 7,10, conductividad eléctrica de

173,80  $\mu\text{S/cm}$  y sólidos totales disueltos de 123,20 mg/L, mientras que en Inca Uyo el pH fue de 6,95, la conductividad de 111,6  $\mu\text{S/cm}$  y los sólidos totales disueltos de 7,95 mg/L, todos muy por debajo de los límites de referencia (pH: 6,5–8,5; CE: 1500  $\mu\text{S/cm}$ ; STD: 1000 mg/L). Asimismo, los cloruros fueron de 2,10 mg/L y 5,80 mg/L, los sulfatos de 0,95 mg/L y 0,75 mg/L, y los nitratos de 0,30 mg/L y 0,40 mg/L para Ahuayllani e Inca Uyo, respectivamente, valores muy inferiores al estándar de 250 mg/L para cloruros y sulfatos y 50 mg/L para nitratos. Finalmente, la dureza presentó una diferencia marcada, siendo 4,20 mg/L en Ahuayllani y 29,05 mg/L en Inca Uyo, aunque ambos se clasifican como aguas blandas (<75 mg/L). En conclusión, el agua de ambos manantiales es de buena calidad fisicoquímica, con una ligera mayor mineralización en Ahuayllani y mayor dureza en Inca Uyo.

**Tabla 06:** Resultados microbiológicos por repetición y promedio en los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo

<b>Resultados de los parámetros microbiológicos por manantial</b>				
<b>Manantial</b>			<b>Ahuayllani</b>	<b>Inca Uyo</b>
<b>Ítem</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>		
<b>1</b>	<b>Coliformes</b>	UFC/100	4,00	4,00
	<b>Totales</b>	mL		
<b>2</b>	<b>Coliformes</b>	UFC/100	1,00	1,00
	<b>Termotolerantes</b>	mL		

Los datos presentados en la tabla 06 evidencian que el agua proveniente de los manantiales cumple con el parámetro microbiológico evaluado.

**Tabla 07:** Análisis comparativo entre los valores medios de los parámetros del manantial Ahuayllani y los límites del D.S. 004-2017-MINAM.

<b>Contraste de los valores promedio de los parámetros del manantial Ahuayllani</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Concentración</b>	<b>ECA</b>	<b>Valoración</b>
<b>Parámetros fisicoquímicos</b>				
Color		Incoloro	15	cumple
Conductividad (CE)	μS/cm	173,80	1500	cumple
pH	Und . pH	7,10	6,5 a 8,5	cumple
Cloruros Cl	mg/L	2,10	250	cumple
Sulfatos	mg/L	0,95	250	cumple
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	123,20	1000	cumple
Dureza	mg/L	4,20	500	cumple
Nitratos	mg/L	0,30	50	cumple
Turbiedad	NTU	0,01	5	cumple
<b>Parámetros Microbiológico</b>				
Coliformes Totales	UFC/100 mL	4,00	50(*)	cumple

Coliformes	UFC/100	1,00	20(*)	cumple
Termotolerantes	mL			

Como se aprecia en la tabla 07, el agua del manantial Ahuayllani cumple con los parámetros físicoquímicos establecidos.

**Tabla 08:** Contraste de los valores promedio de los parámetros del manantial Inca Uyo frente a los ECA del D.S. 004-2017-MINAM.

**Comparación de la concentración media de los parámetros del manantial Inca Uyo**

Parámetros	Unidad	Concentración	ECA	Valoración
<b>Parámetros físicoquímicos</b>				
Color		Incoloro	15	cumple
Conductividad (CE)	μS/cm	111,16	1500	cumple
pH	Und. pH	6,95	6,5 a 8,5	cumple
Cloruros Cl	meq/L	5,80	250	cumple
Sulfatos	meq/L	1,02	250	cumple
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	7,95	1000	cumple
Dureza	CaCO <sub>3</sub>	29,05	500	cumple
Nitratos	meq/L	0,40	50	cumple
Turbiedad	NTU	0,72	5	cumple

**Parámetros Microbiológico**

Coliformes	UFC/100	4,00	50(*)	cumple
Totales	mL			
Coliformes	UFC/100	1,00	20(*)	cumple
Termotolerantes	mL			

Según se aprecia en la tabla 08, el agua del manantial Inca Uyo cumple con los parámetros físicoquímicos requeridos para el consumo humano..

**Tabla 09:** Análisis T-Student para comparación de medias

valor de prueba=0					
Parámetro	t	gl	Sig.(bilateral)	Diferencia de medias	Intervalo de confianza diferencia (95%)
pH	0,45	4	00,57	00,26	(-1,44 ; 1,97)
Sólidos Totales	7,008	4	00,00	47,000	(29,57 ; 68,31)
Disueltos					
Turbidez	9,58	4	00,00	03,641	(2,49 ; 4,60)
Conductividad	17,46	4	00,000	69,3200	(58,21; 80,42)
Eléctrica					
Dureza Total	1,21	4	270,000	10,050	(-74,41 ; 33,42)

Cloruros	14,31	4	0,074	1,074	(-2,21 ; -0,85)
Sulfatos	1.89	4	142,00	357,04	(-0,81 ; 71,00)
Nitratos	4,58	4	0,07	68,00	(-114,00 ; -28,11)

En la tabla 14, los resultados indican que existen diferencias entre los dos manantiales en los parámetros de turbidez, conductividad eléctrica, cloruros, sólidos totales disueltos y nitratos. Esto evidencia que dichas características del agua difieren de manera real entre ambos manantiales y no se deben a variaciones aleatorias.

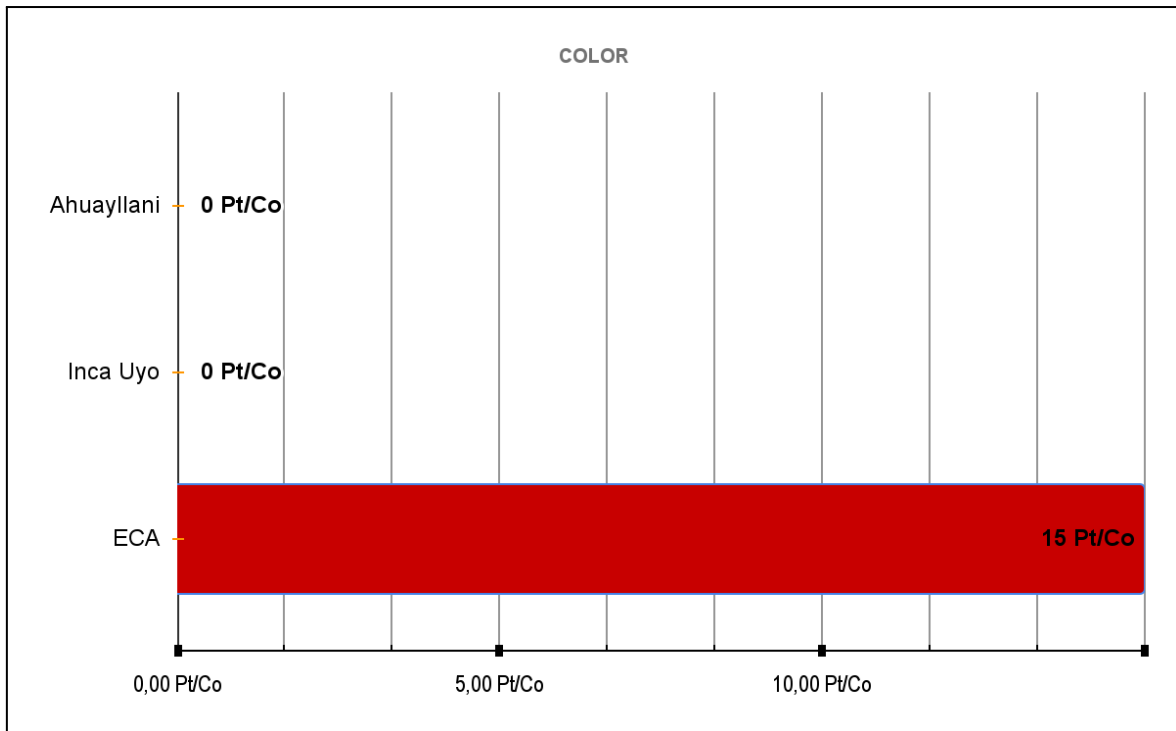
## **4.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS MANANTIALES DE LOS MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE ICHU RAYA, DISTRITO DE CHUCUITO-2025**

### **4.2.1. DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LOS VALORES FÍSICOQUÍMICOS.**

Los resultados obtenidos en los dos puntos de muestreo, tanto in situ como mediante análisis de laboratorio, se recolectaron en tres fechas, siendo la primera el 24 de julio de 2025. A continuación, se detallan los valores correspondientes a cada parámetro evaluado.

#### **4.2.1.1 Análisis del parámetro color**

El color del agua de los manantiales de Ahuayllani e Inca Uyo, ubicados en la comunidad de Ichu Raya del distrito de Chucuito, se evaluó utilizando la unidad de Color Verdadero según la Escala Pt/Co. Los resultados arrojaron un valor de 0 en ambos puntos de muestreo, indicando que el agua es incolora, muy por debajo del límite permitido de 15 Pt/Co establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. 004–2017 MINAM). Por lo tanto, respecto a este parámetro, el agua de ambos manantiales cumple con los criterios de calidad nacional.



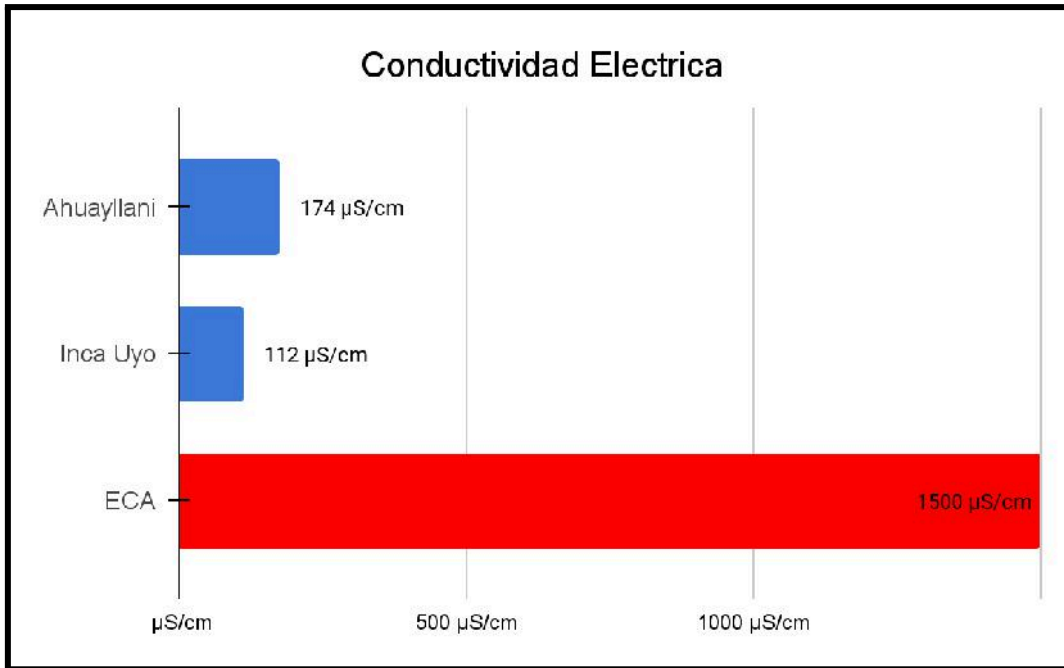
**Figura 03:** Promedio del color del agua en los manantiales de la comunidad de Ichu Raya, distrito de Chucuito – 2025

Según los antecedentes regionales, el valor de 0 en la escala utilizada es inferior a los resultados reportados por Arcata (2021) en su estudio sobre manantiales. El estudio determinó el color del agua en el manantial Unkiñani mediante la Escala de Color Verdadero (Pt/Co). Los resultados obtenidos en los puntos Funku 1 y Funku 2, así como en el promedio general, fueron de 0 Pt/Co, lo que indica que el agua es incolora. Estos valores se encuentran ampliamente por debajo del límite máximo permisible (LMP) de 15 Pt/Co establecido por la normativa vigente.

#### 4.2.1.2 Análisis del parámetro conductividad eléctrica

De acuerdo con los datos obtenidos, la conductividad del agua en los manantiales de Ahuayllani e Inca Uyo se sitúa dentro de los niveles aceptables. Los valores de conductividad eléctrica registrados fueron de 173,80  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para la muestra del manantial Ahuayllani y 111,60  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para la del manantial Inca Uyo. Ambos resultados se encuentran por debajo del límite máximo permitido establecido en el Reglamento de

Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. 0004–2017 MINAM), lo que evidencia que el agua de estos manantiales cumple con el estándar nacional en términos de conductividad eléctrica.



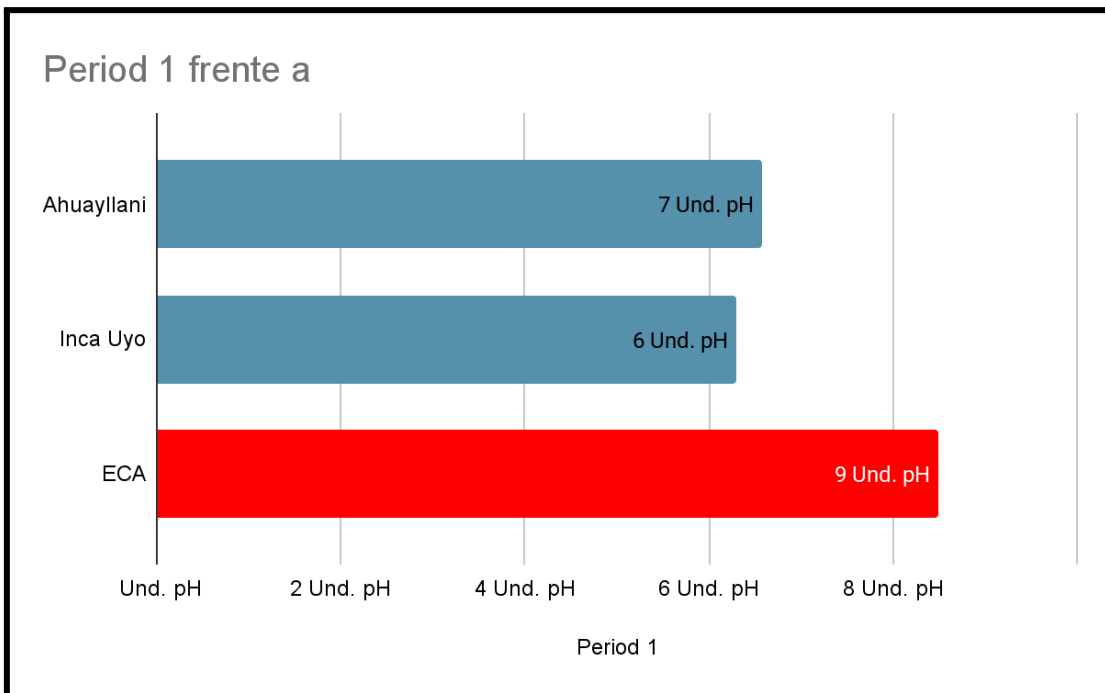
**Figura 04:** Valor de conductividad del agua de los manantiales del centro poblado de Ichu Raya.

La conductividad eléctrica en el manantial Ahuayani ( $173,80 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) supera ligeramente a la de Inca Uyo ( $111,6 \mu\text{S}/\text{cm}$ ), pero ambos se encuentran muy por debajo del límite máximo permitido ( $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ , según el ECA 004-2017 MINAM, confirmando su seguridad para consumo humano en cuanto a sales disueltas.

Comparativamente, estos valores son más bajos que los reportados en otros estudios: García (2021) registró  $209,1 \mu\text{S}/\text{cm}$  en la laguna Choclococha, mientras que Marca (2023) obtuvo  $271,75 \mu\text{S}/\text{cm}$  en aguas subterráneas de Alto Puno. Estos datos indican que los manantiales Ahuayani e Inca Uyo presentan una calidad favorable y cumplen con los estándares normativos en todas las repeticiones de muestreo.

#### 4.2.1.3 Análisis del parámetro pH

Los valores de pH obtenidos para el agua de los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo fueron de 7,10 y 6,95, respectivamente. Estos resultados se encuentran dentro del rango permitido de 6,5 a 8,5 establecido en el Reglamento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA, D.S. 004–2017 MINAM), lo que indica que el agua de ambos manantiales se considera adecuada para el consumo humano.

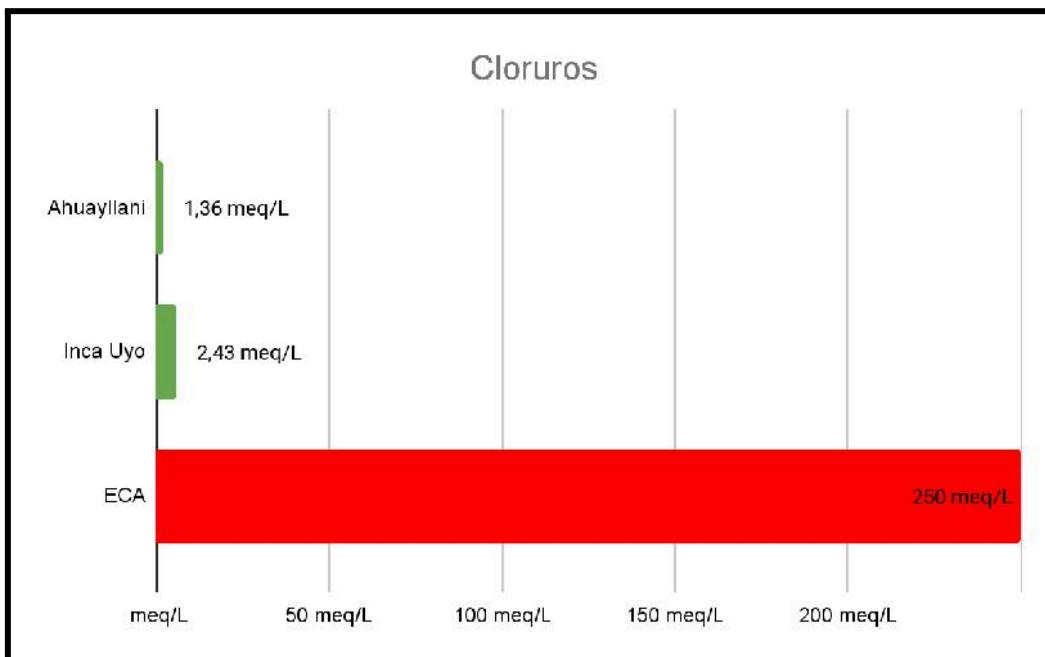


**Figura 05:** Promedio del pH del agua en los manantiales del centro poblado de Ichu Raya.

Los manantiales Ahuayllani (pH 7,10) e Inca Uyo (pH 6,95) presentan aguas ligeramente ácidas; no obstante, el valor del manantial Ahuayllani se encuentra dentro del rango permitido de 6,5 a 8,5 según el D.S. N° 004-2017 MINAM. Estos resultados son inferiores a los reportados por Cabrera (2020) en el río Coata (pH 8,11–8,27), lo cual puede atribuirse a que los manantiales son fuentes de agua subterránea, mientras que el río constituye un cuerpo de agua superficial. Por otro lado, los manantiales Ahuayllani (pH 7,100) y Inca Uyo (pH 6,95) también muestran un carácter levemente ácido, siendo el de Inca Uyo el único que se sitúa por debajo del límite mínimo normativo (6,5), lo que sugiere la necesidad de evaluar su posible impacto en usos específicos.

#### 4.2.1.4 Análisis del parámetro cloruros

Los niveles promedio de cloro en los medicamentos Ahuayllani (2,10 mg/L) e Inca Uyo (5,80 mg/L) están significativamente por debajo de la cantidad máxima permitida de 250 mg/L según la ECA establecida en el D.S. 004-2017 MINAM. Esto demuestra que, en términos de contenido de cloro, ambas fuentes de agua son seguras para el consumo humano.



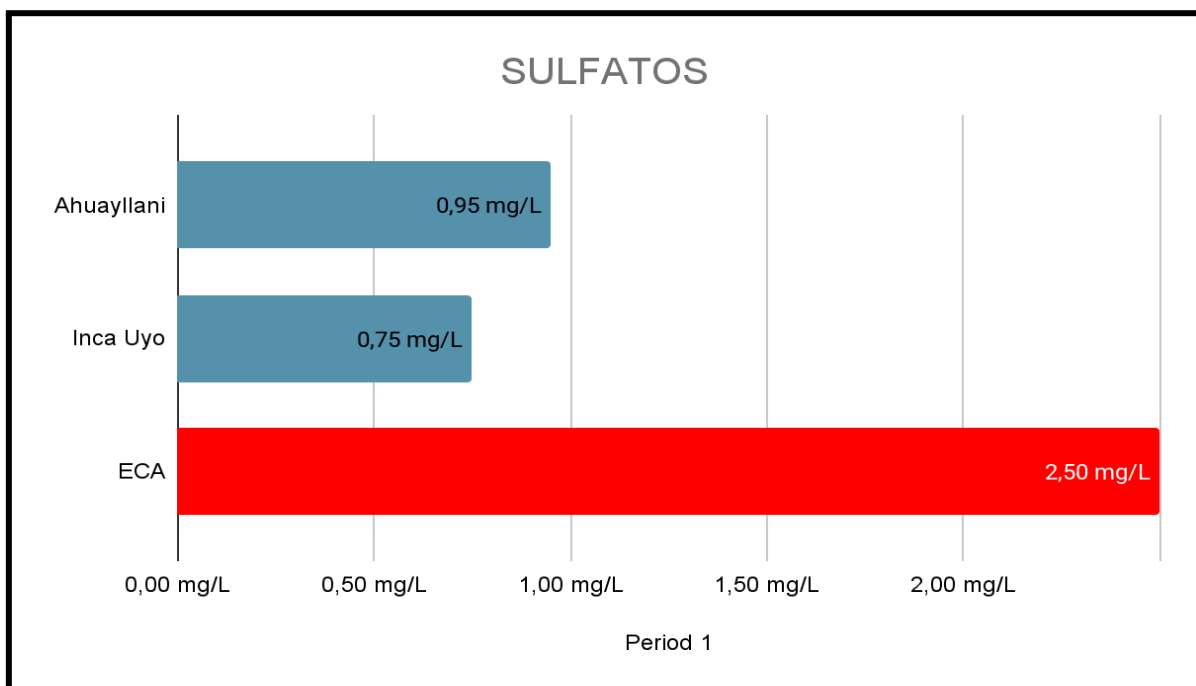
**Figura 06:** Valor promedio de Cloruros del agua de los manantiales del centro poblado de Ichu Raya

Los manantiales Ahuayllani (2,10 meq/L) e Inca Uyo (5,80 meq/L) presentan concentraciones de cloruros muy por debajo del límite establecido por los ECA peruanos (250 meq/L, DS 004-2017 MINAM), demostrando su aptitud para consumo humano. Estos resultados coinciden con los reportados por Poma (2023) en el manantial Marampampa (2,50 meq/L), observándose que el manantial Ahuayllani presenta niveles ligeramente inferiores, mientras que Inca Uyo registra valores comparables. Los resultados indican una calidad hídrica homogénea entre los manantiales, con cloruros de

origen natural y sin evidencia de contaminación antropogénica significativa, cumpliendo ampliamente con los estándares normativos peruanos para agua potable.

#### 4.2.1.5 Análisis del parámetro sulfatos

Los niveles promedio de sulfatos en los manantiales Ahuayllani (0,95 mg/L) e Inca Uyo (0,75 mg/L) se encuentran muy por debajo del límite máximo permisible de 250 mg/L establecido en la normativa peruana (D.S. 004-2017 MINAM). Estos resultados indican que el agua de ambos manantiales es segura para el consumo humano en cuanto a su concentración de sulfatos.



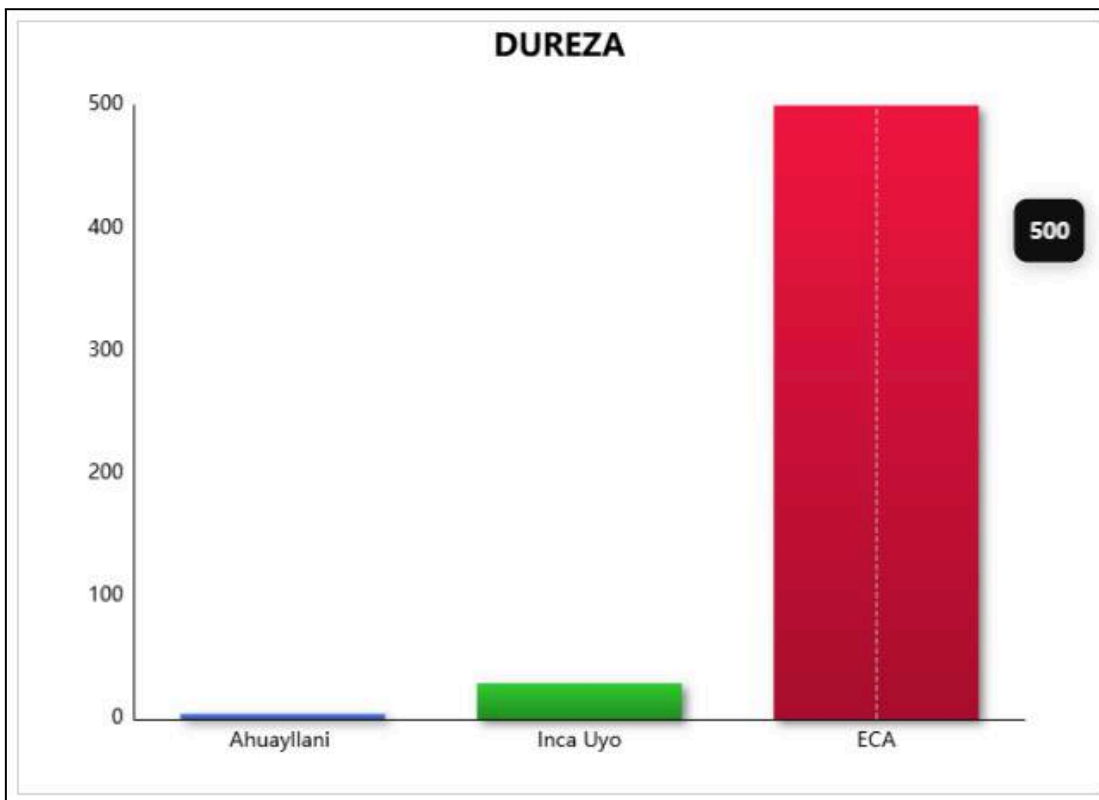
**Figura 07:** Niveles de sulfatos en los manantiales del centro poblado de Ichu Raya.

Las concentraciones de sulfatos en los manantiales Ahuayllani (0.950 mg/L) e Inca Uyo (0,750 mg/L) se encuentran considerablemente por debajo del límite máximo permisible de 250 mg/L establecido en la normativa peruana (D.S. N° 004-2017 MINAM). Estos valores resultan significativamente más bajos que los reportados por Sarmiento (2023) en pozos de la zona periférica de Desaguadero (promedio de 51.390 mg/L), diferencia que podría explicarse por factores geológicos distintivos de cada área y por la probable influencia de actividades humanas en la región de Desaguadero. Los bajos niveles

registrados en los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo evidencian su excelente calidad natural y la ausencia de contaminación antropogénica relevante por sulfatos, cumpliendo ampliamente con los estándares de calidad para agua de consumo humano.

#### 4.2.1.6 Análisis del parámetro dureza

Los valores medios de dureza total en los manantiales Ahuayllani (4,20 mg/L) e Inca Uyo (29,05 mg/L) son considerados bajos encontrándose muy por debajo de los estándares de calidad ambiental (ECA) de 500 mg/L establecido por la normativa peruana (004-2017 MINAM). Esto indica que el agua de ambos manantiales se considera blanda y no causa problemas relacionados con la dureza.



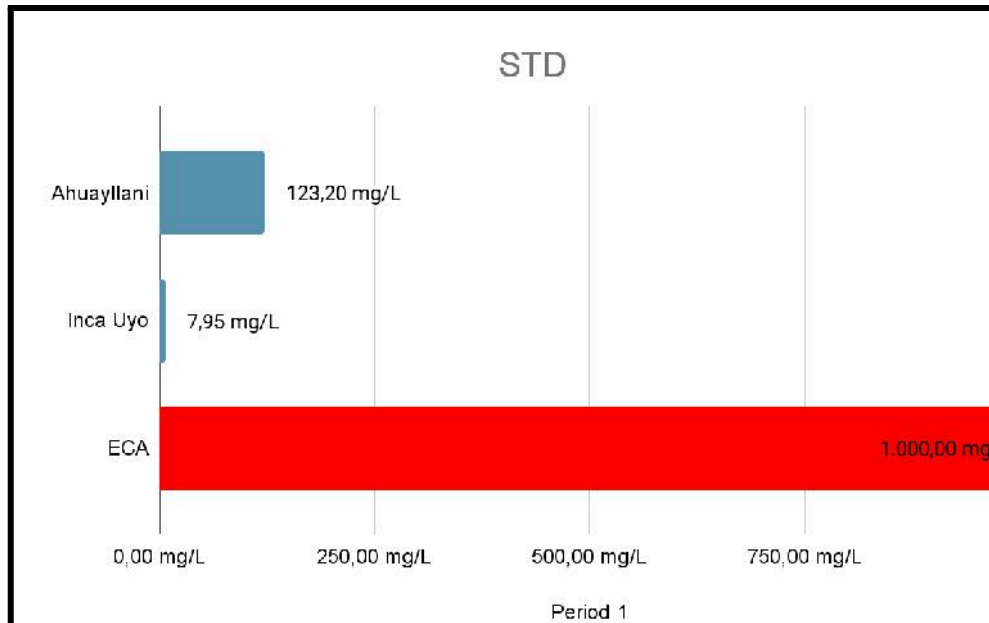
**Figura 08:** Valor medio de la Dureza Total del agua de los manantiales del centro poblado de Ichu Raya.

La figura 09 muestra los valores totales de dureza en los compuestos Ahuayllani (4,20 mg/L) e Inca Uyo (29,05 mg/L), que se clasifican como bajos cuando están por debajo del límite establecido en los Estándares de Calidad Ambiental (500 mg/L) según el D.S. N°

004-2017-MINAM. Estos resultados difieren notablemente de los reportados por Condori (2023), quien registró una dureza total de 566,20 mg/L en aguas de pozo del barrio Azoguini (Puno), superando ampliamente el estándar normativo. La marcada diferencia entre los manantiales estudiados y el pozo analizado por Condori sugiere una considerable variabilidad en la dureza del agua subterránea en la región, posiblemente asociada a diferencias en la composición geológica de los acuíferos y a condiciones hidrogeológicas locales particulares. Los bajos niveles de dureza en los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo confirman su calidad como fuentes de agua blanda, adecuada para consumo humano según los parámetros regulatorios.

#### **4.2.1.7 Análisis del parámetro sólidos totales disueltos**

Los resultados obtenidos en los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo muestran valores promedio de sólidos totales disueltos (STD) de 123,20 mg/L y 7,95 mg/L, respectivamente. Ambos valores se encuentran muy por debajo del límite máximo permitido de 1000 mg/L según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM. Esto demuestra que el agua de ambos manantiales es de buena calidad en cuanto a sustancias separadas y puede considerarse apta para el consumo humano.



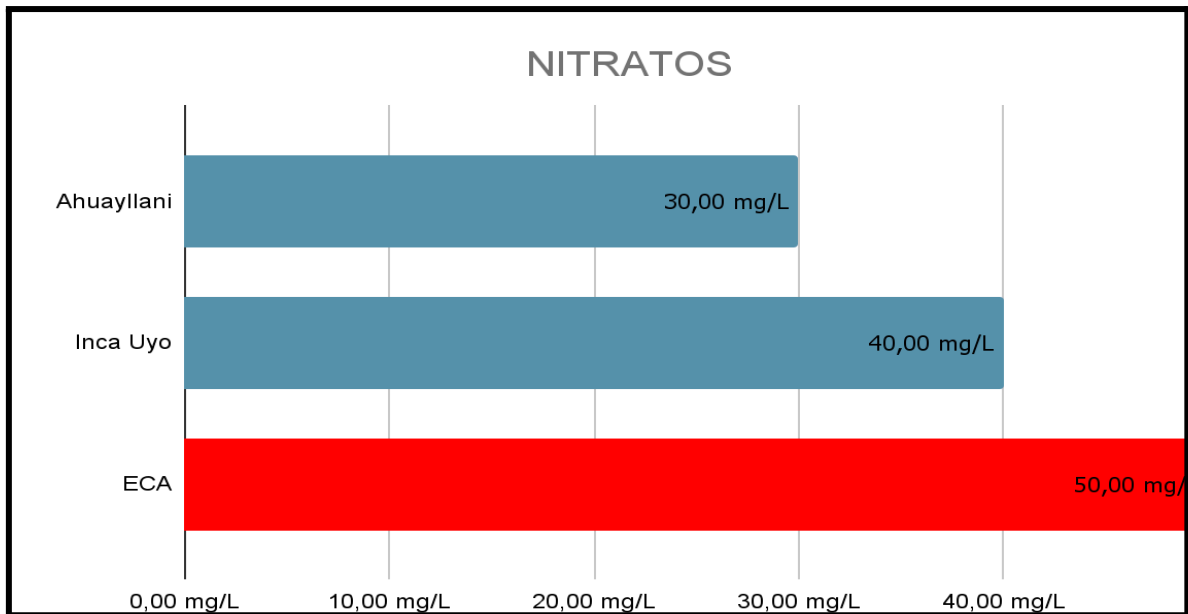
**Figura 09:** Valor medio de sólidos totales disueltos del agua de los manantiales del centro poblado de Ichu Raya.

La Figura 09 muestra que los valores medios de sólidos totales disueltos (STD) en los manantiales Ahuayllani (123,20 mg/L) e Inca Uyo (7,95 mg/L) se encuentran muy por debajo del estándar de calidad ambiental (1000 mg/L según D.S. N° 004-2017-MINAM), confirmando su aptitud para consumo humano. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Calla (2023) en pozos del barrio 2 de Mayo (Puno), donde los STD variaron entre 91,60 mg/L y 143,10 mg/L. La similitud en las concentraciones entre manantiales y pozos sugiere que las fuentes subterráneas de la periferia puneña presentan consistentemente bajos niveles de sólidos disueltos. Esta uniformidad en los parámetros fisicoquímicos reflejaba condiciones hidrogeológicas homogéneas en la zona, con acuíferos que naturalmente proveen agua de excelente calidad mineral.

#### 4.2.1.8 Análisis del parámetro Nitratos.

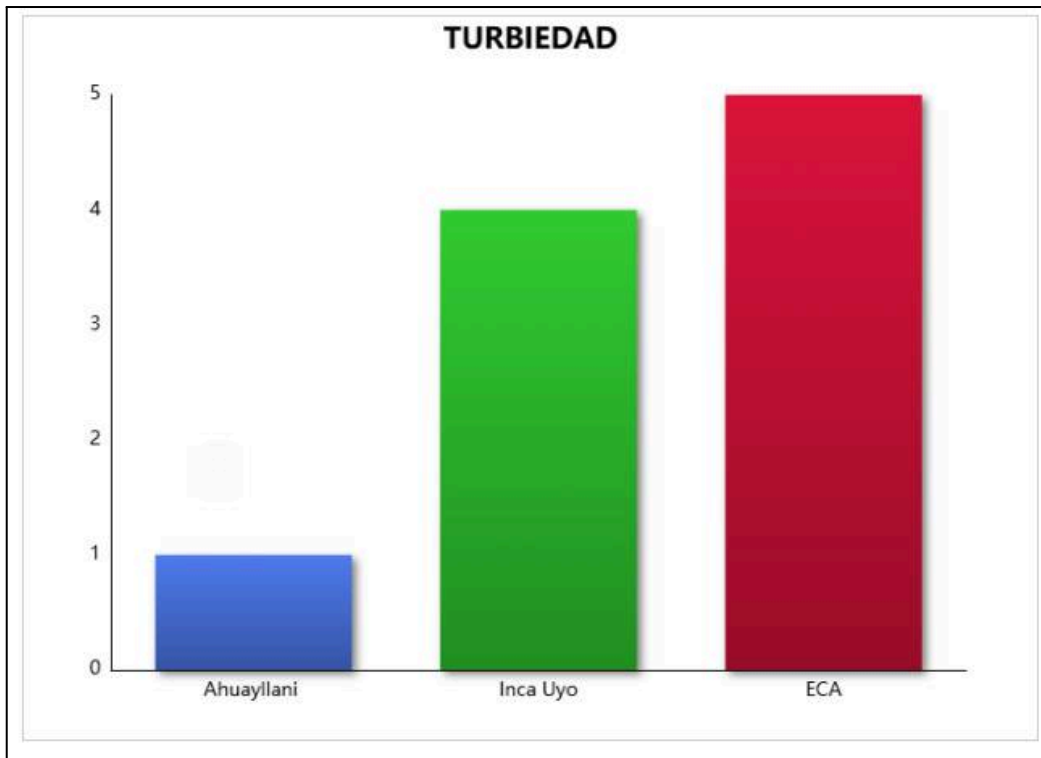
Los valores promedio de nitratos en los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo fueron de 0,30 mg/L y 0,40 mg/L, respectivamente, situándose muy por debajo del límite máximo permitido de 1000 mg/L de acuerdo con las Normas de Calidad Ambiental (ECA) establecidas por el D.S. N° 004-2017-MINAM. Estos resultados indican que el agua de

ambos manantiales presenta buena calidad en relación con el contenido de nitratos y puede considerarse segura para el consumo humano.



#### 4.2.1.8 Análisis del parámetro turbiedad.

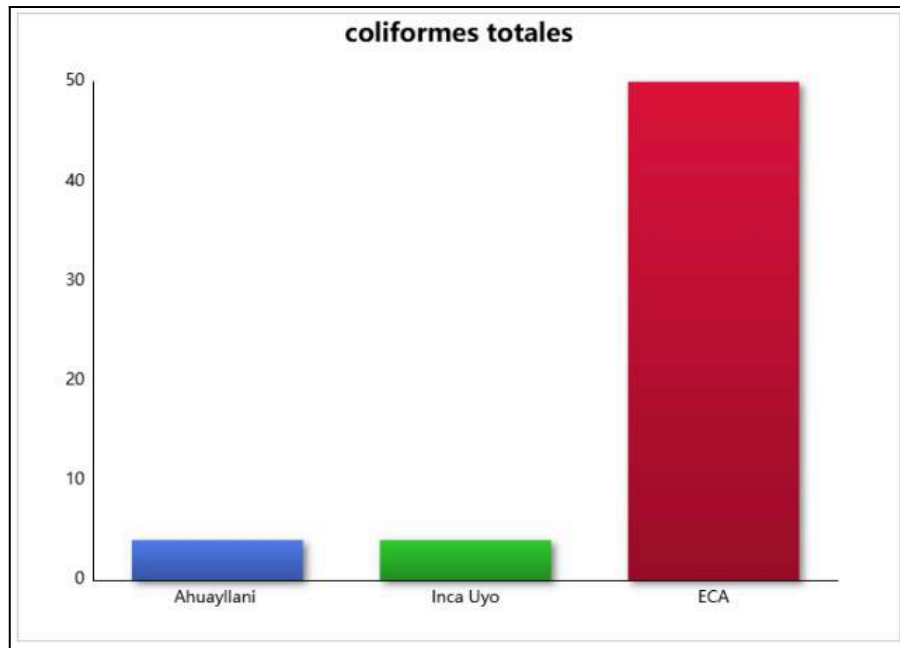
Los niveles de Potasio medios en los manantiales Ahuayllani con 0,01 UNT y Inca Uyo con 0,04 UNT son significativamente inferiores a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) 5 UNT establecido por la normativa peruana (004-2017 MINAM). Esto demuestra que el agua de ambos manantiales cumple con los niveles seguros de turbiedad para el consumo humano.



#### **4.2.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE ACUERDO AL D.S. 004 – 2017 MINAM DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, DE LOS MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE ICHU RAYA , DISTRITO DE CHUCUITO.**

##### **4.2.2.1 Análisis del parámetro coliformes totales**

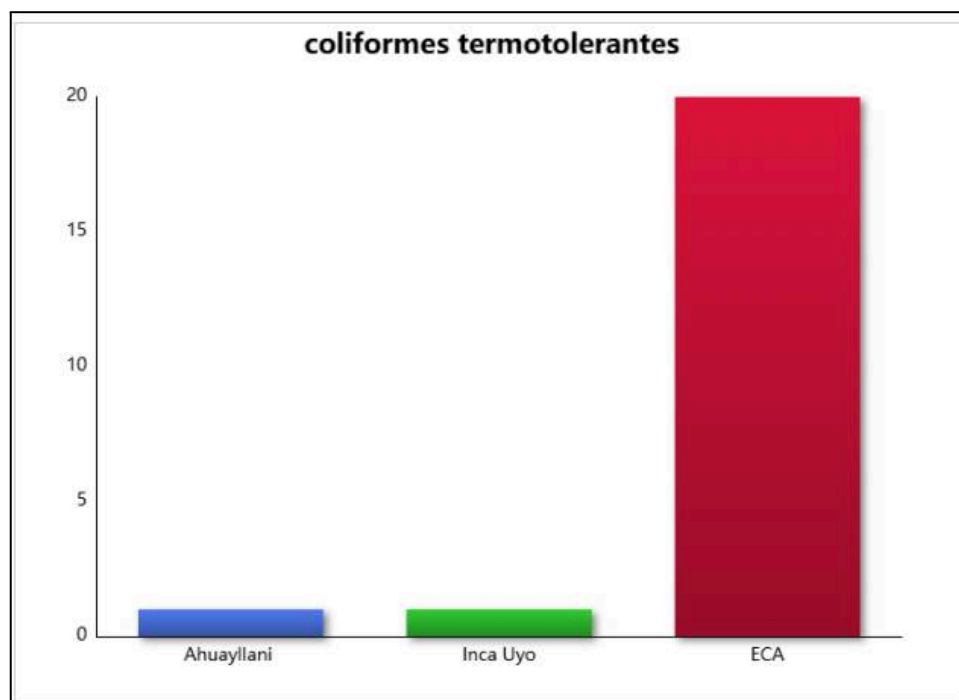
Los resultados microbiológicos de los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo (4,00 NMP/100 mL de coliformes totales) cumplen estrictamente con el límite establecido en la normativa peruana (D.S. 004-2017 MINAM), que exige como valor máximo permisible 50 NMP/100 mL para agua de consumo humano. Este resultado satisfactorio demuestra la ausencia de contaminación fecal en ambas fuentes, garantizando que el agua es microbiológicamente segura para el consumo humano sin representar riesgos para la salud pública por presencia de microorganismos patógenos asociados.



**Figura 10:** Concentraciones medias de coliformes totales en los manantiales de Ahuayllani e Inca Uyo en comparación con los establecidos en el D.S. 004-2017 MINAM. Los resultados microbiológicos de la Figura 11 para los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo muestran 4 NMP/100 mL de coliformes totales, cumpliendo estrictamente con el límite de 50 NMP/100 mL establecido por la normativa peruana (D.S. 004-2017 MINAM) para agua de consumo humano. Estos valores satisfactorios confirman que ambos manantiales si presentan contaminación fecal detectable y serían relativamente aptas para el consumo humano en términos microbiológicos. No obstante, estos resultados difieren notablemente de los reportados por Capa (2024) en el sector Tunuhuir Grande (Centro Poblado de Ichu), donde se registraron valores entre 7,2 y 2900 NMP/100 mL, excediendo ampliamente los límites permisibles. Esta comparación evidencia que, mientras los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo cumplen con los estándares de calidad, la situación en otras zonas de la región presenta graves problemas de contaminación fecal que requieren atención inmediata.

#### 4.2.2.2 Análisis del parámetro coliformes termotolerantes

Los resultados microbiológicos de los manantiales Ahuayllani (1,00 NMP/100 mL) e Inca Uyo (1,00 NMP/100 mL) para coliformes termotolerantes cumplen satisfactoriamente con la normativa peruana vigente (D.S. 004-2017 MINAM), al no detectarse presencia alguna de estas bacterias en las muestras analizadas. La ausencia de coliformes termotolerantes -indicadores directos de contaminación fecal demuestra que el agua de ambos manantiales presenta excelentes condiciones microbiológicas, garantizando su seguridad para el consumo humano al no presentar riesgos de transmisión de enfermedades gastrointestinales asociadas a este tipo de microorganismos patógenos. Estos resultados positivos reflejan la adecuada protección de las fuentes hídricas y su calidad sanitaria.



**Figura 11:** Concentración de coliformes termotolerantes de la primera repetición.

Los resultados de coliformes termotolerantes para los manantiales Ahuayllani (1,00 NMP/100 mL) e Inca Uyo (1,00 NMP/100 mL) cumplen estrictamente con la normativa peruana (D.S. 004-2017 MINAM), demostrando ausencia mínima de estas bacterias indicadoras de contaminación fecal. Estos valores difieren significativamente de los resultados de Ccapa (2024) en Tunuhiri Grande (Ichu), que reportó entre 3.6 y 93 NMP/100 mL, superando los límites permitidos.

### **4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS**

#### **4.3.1. CONTRASTE DE HIPÓTESIS GENERAL**

##### **Hipótesis Alterna (Ha):**

La calidad del agua de los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo, en el distrito de Chucuito – Puno, 2025, no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

##### **Hipótesis Nula (Ho):**

La calidad del agua de los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo, en el distrito de Chucuito – Puno, 2025, cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

##### **Resultados:**

Los resultados de los análisis fisicoquímicos mostraron que los valores de pH (6,58 y 6,30), conductividad eléctrica (238 y 168,66  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), sólidos totales disueltos (123,20 y 7,95 mg/L), cloruros (2,10 y 5,80 mg/L), sulfatos (0,95 y 0,75 mg/L), nitratos (0,30 y 0,40 mg/L) y dureza (4,20 y 29,05 mg/L) se encuentran dentro de los rangos establecidos por el ECA. Sin embargo, ambos manantiales presentaron coliformes totales de 4 NMP/100 mL, no superando el valor máximo permitido (50 NMP/100 mL).

##### **Conclusión del contraste:**

Se mantiene la hipótesis nula para los parámetros fisicoquímicos, ya que cumplen con la normativa.

#### **4.3.2. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1**

##### **Hipótesis Alterna (Ha):**

La concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo excede los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

##### **Hipótesis Nula (Ho):**

La concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo no excede los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

**Resultados:**

Los análisis mostraron que los valores de pH (6,30–6,58), conductividad (168,66–238  $\mu\text{S/cm}$ ), sólidos disueltos (7,95–123,20 mg/L), dureza (4,20–29,05 mg/L), cloruros (2,10–5,80 mg/L), sulfatos (0,75–0,95 mg/L) y nitratos (0,30–0,40 mg/L) se encuentran muy por debajo de los límites máximos establecidos por la normativa.

**Conclusión del contraste:**

Se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), dado que no se encontró evidencia de que los parámetros fisicoquímicos excedan los ECA vigentes.

**4.3.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2**

**Hipótesis Alterna ( $H_a$ ):**

La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo excede los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):**

La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo no excede los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

**Resultados:**

En ambos manantiales se detectó la presencia de coliformes totales de 4 NMP/100 mL, no superando el ECA de 50 NMP/100 mL, mientras que los coliformes termotolerantes fueron  $< 1$  NMP/1000 mL, dentro de lo permitido.

**Conclusión del contraste:**

Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), dado que la presencia de coliformes totales excede lo establecido en la normativa, lo cual indica que el agua requiere procesos de desinfección para ser apta para consumo humano.

#### **4.3.4. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3**

##### **Hipótesis Alterna ( $H_a$ ):**

Existe diferencia en la calidad del agua para consumo humano de los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo en el distrito de Chucuito – Puno.

##### **Hipótesis Nula ( $H_0$ ):**

No existe diferencia en la calidad del agua para consumo humano de los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo en el distrito de Chucuito – Puno.

##### **Resultados:**

El análisis comparativo mostró que el manantial Ahuayllani presentó valores más altos de conductividad eléctrica (238  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y sólidos totales disueltos (123,20 mg/L), mientras que el manantial Inca Uyo presentó mayor dureza (29,05 mg/L) y un pH más bajo (6,30). No obstante, en ambos manantiales se encontraron coliformes totales de 4 NMP/100 mL, no excediendo el límite permitido.

##### **Conclusión del contraste:**

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, ya que existen diferencias significativas en algunos parámetros fisicoquímicos.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Los manantiales de Ahuayllani e Inca Uyo registraron valores de pH de 6,58 y 6,30, respectivamente, en relación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establecido entre 6,5 y 8,5. Ahuayllani cumple con el estándar, mientras que Inca Uyo presenta un valor ligeramente inferior. La conductividad eléctrica fue de 238 y 168,66  $\mu\text{S/cm}$ , muy por debajo del límite de 1500  $\mu\text{S/cm}$ . Los sólidos totales disueltos alcanzaron 123,20 y 7,95 mg/L, frente al ECA de 1000 mg/L, y los niveles de cloruros y sulfatos se mantuvieron por debajo de los 250 mg/L permitidos. En conjunto, estos resultados indican que los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los límites establecidos por el D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1, Subcategoría A1.

**SEGUNDA:** La concentración de coliformes totales fue de 4 NMP/100 mL en ambos manantiales, sin superar el límite de 50 NMP/100 mL establecido por el ECA, lo que sugiere una contaminación microbiológica de tipo ambiental. Asimismo, los coliformes termotolerantes registraron valores de 1 NMP/100 mL, cumpliendo con el estándar de 20 NMP/100 mL. Por lo tanto, conforme al D.S. 004-2017-MINAM – Categoría 1, Subcategoría A1, el agua de los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo son aptas para consumo humano, siempre que se someta a un proceso de desinfección.

**TERCERA:** El análisis estadístico mediante la prueba T de Student evidenció que no existen diferencias significativas entre los parámetros evaluados en ambos manantiales. Los resultados obtenidos fueron similares frente a los ECA: pH (6,30–6,58 vs 6,5–8,5), conductividad eléctrica (168,66–238  $\mu\text{S/cm}$  vs 1500  $\mu\text{S/cm}$ ), sólidos totales disueltos

(7,95–123,20 mg/L vs 1000 mg/L), cloruros y sulfatos (<250 mg/L), y coliformes totales (4 NMP/100 mL vs 50 NMP/100 mL). Esto confirma que el agua de los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo presenta características fisicoquímicas y microbiológicas adecuadas y comparables entre sí.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** A la Municipalidad de Chucuito, a través del Área (ATM), realizar un monitoreo periódico de la calidad del agua en los manantiales de Ahuayllani e Inca Uyo, con el propósito de identificar oportunamente posibles variaciones en sus parámetros físico-químicos y microbiológicos. Paralelamente, se sugiere implementar prácticas de saneamiento ambiental en las zonas aledañas, tales como la adecuada disposición de residuos sólidos y líquidos, a fin de prevenir la contaminación de estas fuentes hídricas.

Asimismo, se aconseja desarrollar programas de educación y sensibilización dirigidos a la comunidad, orientados a fomentar la protección y conservación de los manantiales, garantizando su disponibilidad y calidad en el largo plazo, priorizando la mitigación de los riesgos identificados promoviendo la sostenibilidad de los recursos hídricos en el ámbito local.

**SEGUNDA:** Con el objetivo de implementar un sistema de tratamiento en los manantiales de Ahuayllani e Inca Uyo, que incluya un proceso de monitoreo continuo y garantice la calidad del agua para el consumo humano, se recomienda a los vecinos de la Comunidad de Ichu Raya gestionar ante la Municipalidad de Chucuito las acciones necesarias para su ejecución.

**TERCERA:** Se recomienda a los directivos de la comunidad de ichu raya a gestionar un estudio hidrogeológico comparativo ante la municipalidad que contemple análisis isotópicos, caracterización geoquímica y monitoreo de flujos subterráneos, con el fin de

determinar el grado de homogeneidad en la calidad del agua de los manantiales Ahuayllani e Inca Uyo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANA. (2020). ANA difundió resultados de la calidad del agua de 91 puntos identificados en Puno. Recuperado 16 de enero de 2024, de <https://www.gob.pe/institucion/ana/noticias/323432-ana-difundio-resultados-de-la-calidad-del-agua-de-91-puntos-identificados-en-puno>
- Anchapuri, R. (2024). *Cadena de custodia en el monitoreo de aguas*. Ministerio del Ambiente.
- Ávila, J. (2024). *Evaluación de la calidad de agua subterránea para consumo humano, distrito de Paucarcolla – 2022 [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]*.
- Barros, F., López, G., & Méndez, A. (2023). *Calidad del agua subterránea para consumo humano en Villa Gesell, Argentina*. *Revista de Recursos Hídricos*, 12(3), 55–66.
- Bolaños, L. (2017). *Presencia de sulfatos en aguas subterráneas: causas y efectos*. *Revista de Ciencias Ambientales*, 9(1), 101–110.
- Calla, V. (2023). *Caracterización de aguas subterráneas en el barrio 2 de Mayo, Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Chávez, P. (2020). *Importancia del monitoreo de la calidad de agua para consumo humano*. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 15(2), 22–30.
- Cytel. (2019). *Calidad bacteriológica del agua: lineamientos para su control*. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.
- DIGESA. (2010). *Protocolo de procedimientos para la toma de muestras de agua de consumo humano*. Dirección General de Salud Ambiental.
- Fuentes, R. (2021). *Propiedades fisicoquímicas del agua y su influencia en ecosistemas*. Editorial Universitaria.
- García, J. (2019). *Cloruros en agua potable: indicadores de contaminación*. *Revista Peruana de Química Ambiental*, 6(2), 41–50.

- Garros, M., & Safar, A. (2020). *Agua segura como derecho humano fundamental*. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 8(1), 13–29.
- Hinojosa, F. (2021). *Impactos del consumo de agua con altos niveles de sulfatos*. *Revista de Toxicología Ambiental*, 14(1), 67–75.
- Larrea, A. (2019). *Coliformes como indicadores de contaminación en agua potable*. *Revista de Microbiología Sanitaria*, 7(3), 88–95.
- Llamosas, V. (2022). *Importancia de la turbidez en la calidad de agua para consumo humano*. *Agua y Sociedad*, 4(2), 75–83.
- Marchad, J. (2002). *Bacterias heterotróficas y control en el tratamiento de agua*. *Journal of Water Science*, 10(2), 44–56.
- Martínez, P. (2021). *Composición química del agua dulce: procesos naturales y antrópicos*. *Revista de Ciencias del Agua*, 11(4), 100–118.
- Ministerio de Salud. (2014). *Lineamientos para el control de la calidad de agua potable en el Perú*. MINSA.
- Orozco, L. (2019). *Sistemas de abastecimiento de agua y calidad sanitaria*. Editorial Técnica de Ingeniería Ambiental.
- Pacaya, M., & Pascal, R. (2022). *Evaluación de la calidad del agua en sistemas de abastecimiento rural del distrito de Manantay*. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Pacohuanaco, R. (2023). *Deficiencias en la gestión del agua potable en zonas rurales de Puno*. *Revista de Desarrollo Andino*, 5(1), 23–37.
- Palacios, A., & Velastegui, M. (2020). *Evaluación de la calidad del agua de consumo humano en la comunidad San Rafael, Pichincha*. Universidad Central del Ecuador.
- Palomares, R. (2021). *Límites de nitratos en agua para consumo humano: normativa europea y su aplicación en Latinoamérica*. *Revista Ambiental Europea*, 17(2), 56–64.

- Palomino, C. (2023). *Evaluación de calidad de agua en manantiales de Patawasi, Cusco – 2022 [Tesis de licenciatura, Universidad Andina]*.
- Poma, L. (2023). *Calidad de agua física, microbiológica y parasitológica en sistemas comunitarios de San Antonio de Rancas – Pasco [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]*.
- Rolin, G. (2018). *El color del agua como indicador de contaminación ambiental. Revista Iberoamericana de Ingeniería Sanitaria, 6(1), 19–27.*
- Roque, J. (2024). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua en el distrito de Santiago de Pupuja, Puno. Universidad Nacional del Altiplano.*
- Solís, H. (2018). *Conductividad eléctrica como parámetro de calidad en agua potable. Revista Ingeniería del Agua, 9(3), 33–40.*
- Solís-Castro, M., et al. (2018). *Clasificación de la dureza del agua y sus implicancias. Revista de Ciencias Ambientales, 7(1), 77–89.*
- SUNASS. (2024). *Informe nacional sobre cobertura de agua potable y saneamiento en zonas rurales. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.*
- UNESCO. (2023). *Informe mundial sobre agua y saneamiento. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.*
- Vargas, R. (2021). *Modificaciones de la composición química del agua por actividades humanas. Revista Andina de Ingeniería Ambiental, 12(2), 66–78.*

## ANEXOS

**Anexo 01:** Matriz de consistencia: CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE ICHU RAYA, DISTRITO DE CHUCUITO -2025

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMEN SIÓN	INDICADOR ES	METODOLOGÍA
<p><b>General</b></p> <p>-¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano según el D.S. 004 – 2017 MINAM de los manantiales de La Comunidad De Ichu Raya, distrito de Chucuito-2025?</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>-¿Qué parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano, de los manantiales, de La Comunidad De Ichu Raya, distrito de Chucuito cumplirán con los ECA establecidos en el D.S. 004 – 2017 MINAM?</p> <p>-¿Qué parámetros microbiológicos del agua para consumo humano, de los manantiales de La Comunidad De Ichu Raya, distrito de Chucuito cumplirán con los ECA establecidos en el D.S. 004 – 2017 MINAM?</p> <p>-¿Qué diferencias existen entre la calidad de las aguas de los manantiales de la comunidad Ichu Raya distrito de Chucuito ?</p>	<p><b>General</b></p> <p>- Evaluar la calidad del agua para consumo humano de acuerdo al D.S. 004 – 2017 MINAM de los manantiales de la comunidad de Ichu Raya , distrito de Chucuito -2025.</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>-Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos de acuerdo al D.S. 004 – 2017 MINAM del agua para consumo humano, de los manantiales de la comunidad de Ichu Raya , distrito de Chucuito.</p> <p>-Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos de acuerdo al D.S. 004 – 2017 MINAM del agua para consumo humano, de los manantiales de la comunidad de Ichu Raya , distrito de Chucuito.</p> <p>-Determinar la diferencia entre la calidad de las aguas de los manantiales de la comunidad Ichu Raya distrito de Chucuito..</p>	<p><b>General</b></p> <p>-La calidad del agua de los manantiales de la comunidad de Ichu Raya , distrito de Chucuito -2025, no es apta para consumo humano según (D.S. 004 – 2017 MINAM</p> <p><b>Específicas</b></p> <p>-Los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano, de los manantiales de la comunidad de Ichu Raya , distrito de Chucuito no cumplen con los ECA establecidos en el D.S. 004 – 2017 MINAM.</p> <p>- Los parámetros microbiológicos del agua para consumo humano, de los manantiales de la comunidad de Ichu Raya, distrito de Chucuito no cumplen con los ECA establecidos en el D.S. 004 – 2017 MINAM.</p> <p>-No existe diferencia significativa entre la calidad de las aguas de los manantiales de la comunidad Ichu Raya distrito de Chucuito.</p>	<p><b>Independiente</b></p> <p>Concentración de los parámetros</p>	<p>Fisicoquímicos</p>	<p>Color</p> <p>Conductividad eléctrica (CE)</p> <p>Sólidos totales disueltos</p> <p>pH</p> <p>Cloruros</p> <p>Sulfatos</p> <p>Dureza</p> <p>Nitratos</p> <p>Potasio</p> <p>Coliformes totales</p> <p>Coliformes fecales</p> <p>Buena</p> <p>Regular</p> <p>Mala</p>	<p><b>Método:</b> Descriptivo</p> <p>Correlacional</p> <p><b>Diseño:</b> experimental</p> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Población y muestra:</b> 2 sistemas de abastecimiento de agua (Manantiales)</p> <p><b>Tipo de muestreo:</b> No probabilística</p> <p><b>Técnicas:</b> registro, custodia</p> <p><b>Instrumentos</b></p> <p>registro de campo, hoja de custodia: Análisis de laboratorio</p> <p>D.S. 004 – 2017 MINAM</p>

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

**ANEXO**

**Categoría 1: Poblacional y Recreacional**

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

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

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
<b>ORGÁNICOS</b>				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C <sub>9</sub> - C <sub>24</sub> )	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoforno	mg/L	0,1	**	**
Cloroforno	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromoclorometano	mg/L	0,06	**	**
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
<b>BTEX</b>				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
<b>Organofosforados</b>				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
<b>Organoclorados</b>				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
<b>II. CIANOTOXINAS</b>				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
<b>III. BIFENILOS POLICLORADOS</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 <sup>4</sup>	<5x10 <sup>4</sup>

Ministerio de Salud

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

Dirección General de Salud Ambiental  
**DIGESA**



2010

## REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

### TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

#### Artículo 1°.- De la finalidad

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

#### Artículo 2°.- Objeto

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

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

#### Artículo 3°.- Ámbito de Aplicación

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

#### Artículo 4°.- Mención a referencias

Cualquier mención en el presente Reglamento a:

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

#### Artículo 5°.- Definiciones

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

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

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

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



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



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

## TÍTULO II GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

### Artículo 6°.- Lineamientos de gestión

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

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

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

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

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

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

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

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



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

**Artículo 9°.- Ministerio de Salud**

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

**DIGESA:**

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

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

**DIRESA, GRS o DISA:**

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



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

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

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

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

**Artículo 11°.- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento**

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

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

**Artículo 12°.- Gobiernos Locales Provinciales y Distritales**

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

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

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



## TÍTULO IV VIGILANCIA SANITARIA

### Artículo 13°.- Vigilancia Sanitaria

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

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

### Artículo 14°.- Programa de vigilancia

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

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

### Artículo 15°.- Sistema de información

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

### Artículo 16°.- Difusión de información

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

### Artículo 17°.- Vigilancia epidemiológica

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



**ANEXO I**  
**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS**  
**MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS**

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

UFC = Unidad formadora de colonias

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



**ANEXO II**  
**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE**  
**CALIDAD ORGANOLÉPTICA**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500
7. Sólidos totales disueltos	$\text{mg L}^{-1}$	1 000
8. Cloruros	$\text{mg Cl}^{-} \text{L}^{-1}$	250
9. Sulfatos	$\text{mg SO}_4^{-} \text{L}^{-1}$	250
10. Dureza total	$\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$	500
11. Amoníaco	$\text{mg N L}^{-1}$	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



ANEXO III

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE  
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

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



## Anexo 03: Manual ASTM D 4448:2001MJ

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

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

#### **Referencias**

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

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

#### **-Consideraciones generales**

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

#### **- Operaciones iniciales**

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

#### **-Etapa de purgado**

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

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

#### **-Purgado del pozo: remoción de un volumen determinado**

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

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

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

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

h: nivel de agua

d: diámetro del pozo

V: Volumen de la columna de agua.

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

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

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

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

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

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

#### **-Equipamiento para la purga**

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

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

#### **-Toma de muestra de agua subterránea**

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

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

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

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

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

**Anexo 04:** Panel fotográfico



**Figura 12:** Toma de muestras del punto de captación del manantial de Ahuayllani.



**Figura 13:** Toma de la última muestra de los manantiales de Ahuayllani.



**Figura 14:** Toma de muestras del punto de captación manantial de Inca Uyo



**Figura 15:** Conservación de las muestras tomadas del manantial de Inca Uyo para el traslado al laboratorio




**Figura 16:** Conservación de las muestras tomadas del manantial de Inca Uyo para el traslado al laboratorio.



**Figura 178:** Muestras tomadas para el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos al laboratorio de INIA.


**Anexo 05:** Resultado de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la comunidad ichu raya

**Figura 18:** Certificado de análisis de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de la Ahuayllani.



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



**CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE AGUA**

<b>ANÁLISIS:</b>						
Fecha de Toma de Muestra: 25 de Julio del 2015		Localización: Marañón Inca Uye, Marañón Píramipi, Centro Poblado de Inca Raya				
Fecha de Certificación: 25 de Julio 2015		Ejec: Elvin Phocas Colque				
Sitio de Muestra:						

Determinaciones					
pH	6,95				
C.C.	1118	25% (M/100)			
Sales Totales	7,55	(g/l)			
Dureza Total	29,05	(CaCO <sub>3</sub> /l)			
Alcalinidad total		(CaCO <sub>3</sub> )			
H.A.S.	0,50				
<b>CATIONES</b>		mg/l	mg/l		
Calcio	2,50		58,11		
Magnesio	2,50		35,26		
Potasio	0,04		1,56		
Sodio	1,92		44,16		
<b>ANIONES</b>		mg/l	mg/l		
Cloruro	5,80		205,66		
Sulfato	1,02		48,99		
Carbonato	0,00		0,00		
Bicarbonato	0,80		12,20		

Fabricación de gráficos	Alto	Bajo	Normal	Año	Situación
pH					
C.C.					
Sales Totales					
Dureza Total					
H.A.S.					
S.C.R.					
Índice de Scott					
Res					
Sodo					
Nitrato					
Cloruro					
Bicarbonato					

Otras Determinaciones	Resultado	
	mg/l	
Nitrato (N de NO <sub>3</sub> )	0,40	24,80
	mg/l	
Coliformes Totales	4,00	
Coliformes Fecales	1,00	


**Calificación de acuerdo a la Ley 17044:**

H.A.S. Agua con sales con concentración:

S.C.R. Agua poco recomendable:

Índice de Agua: 100/100

Requisitos y Recomendaciones (Norma N° 001-2009-AG/IC): Agua para consumo humano




Ing. Jorge Salcedo Rojas  
Consultor Laboratorio Sede Ica Puno


www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n  
Puno, Puno, Perú  
T. (051)363-812

**Figura 19:** Certificado de análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras de Inca Uyo



**PERU** Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



### CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE AGUA

Análisis N°: Fecha de Entrega: 22 de Julio 2025 Fecha de Certificación: 25 de Julio 2025 Servicio de Riego:		Localización: Manantial MrooyBent, Manantial Principal, Centro Poblado de Inca Uyo Prov. Siles - Puno - Calleje	
--	--	--	--

Determinaciones			Presentación gráfica	Muy baja	Baja	Normal	Alta	Muy alta
pH	7.10		pH					
C.E.	173.80	25% (µS/cm)	C.E.					
Sales Totales	123.20	(Mg/l)	Sales Totales					
Dureza Total	4.20	CaCO <sub>3</sub> (Mg/l)	Dureza Total					
Alcalinidad total		CaCO <sub>3</sub>	S.A.S					
Cloruros	1.72		S.C.R.					
			Índice de Scott					
			Eco					
			Sodio					
			Nitratos					
			Cloruros					
			Bacterias					

CATIONES		mg/l	mg/l
Calcio	0.60	12.02	
Magnesio	0.40	2.91	
Potasio	0.01	0.39	
Sodio	0.41	9.43	

ANIONES		mg/l	mg/l
Cloruro	2.10	74.46	
Sulfato	0.95	45.62	
Carbonato	0.00	0.00	
Bicarbonato	0.14	8.54	

Grupos Determinaciones	Resultado	
Nitrato (N de NO <sub>3</sub> )	mg/l	0.30
Coliformos Totales		4.00
Coliformos Fecales		1.00


Disposición Final: C51

S.A.S. Agua de buena calidad apta para riego

S.C.R. Agua recomendable

Tipo de Agua: Muy blanda

Digésitico y Recomendaciones (Manantial y MrooyBent): Agua Fria para consumo



ING. Jorge Carlos Rojas  
 Responsable Laboratorio de Inca Uyo

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n  
 Puno, Puno, Perú  
 T: (051)363-812