

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y  
MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE POZOS DEL CENTRO POBLADO DE  
VILCACHILE, ILAVE, 2023.**

**PRESENTADA POR:**

**KRISTEL YOHANA ESCOBAR MOLINA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



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



# 4.44%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 25 JUN 2024, 5:01 PM

## Similarity report

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

● IDENTICAL  
0.67%

● CHANGED TEXT  
3.77%

## Report #21807519

KRISTEL YOHANA ESCOBAR MOLINA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE POZOS DEL CENTRO POBLADO DE VILCACHILE, ILAVE, 2023. RESUMEN La investigación tuvo como objetivo evaluar la concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos para el consumo humano en el centro poblado de Vilcachile, Ilave, 2023. La metodología utilizada fue descriptiva, diseño no experimental, con una muestra que fue de 4 pozos, seleccionados por la disponibilidad y accesibilidad, donde los parámetros recolectados fueron fisicoquímicos y microbiológicos. En el análisis de los parámetros físico-químicos del agua de los pozos de Vilcachile, se observaron los siguientes valores: el pH varió entre 6,67 y 7,02, lo que indica un rango ligeramente ácido a neutro y cumple con los estándares permisibles (6.5-8.5). La temperatura se mantuvo constante en 14 °C en todos los pozos, sugiriendo condiciones estables del acuífero. La conductividad eléctrica mostró variaciones, con valores entre 97,80 y 117,70 uS/cm, indicando baja salinidad. Respecto a los parámetros microbiológicos, se reportó una ausencia casi total de bacterias coliformes totales y fecales en las muestras, con valores <1 UFC/100 ml, demostrando altos niveles de pureza y control efectivo de contaminación fecal. Estos resultados subrayan que el agua de los pozos es adecuada para el consumo humano y otros usos, cumpliendo con los criterios de calidad

Yudy Roxana ALANIA LAQUI

Oficina de Repositorio Institucional

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

**CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y  
MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE POZOS DEL CENTRO POBLADO DE  
VILCACHILE, ILAVE, 2023.**

**PRESENTADA POR:**

**KRISTEL YOHANA ESCOBAR MOLINA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



M.Sc. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

:



M.Sc. ELVIRA ANANI DURAND GOZQUETA

SEGUNDO MIEMBRO

:



Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

:



Dr. ESTEBAN ISIDRO LEÓN APAZA

Área: Ingeniería, Tecnología.

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Líneas de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 04 de julio del 2024

## DEDICATORIA

A Dios todo poderoso quien siempre me cuida, ilumina y protege, dándome fuerzas para seguir adelante conservando la fe y la esperanza por haberme puesto en mi camino a aquellas personas que me brindaron mucho apoyo.

A mis padres Raul Escobar Cutipa y Gricelda Molina Cusacani por su apoyo incondicional en la realización de este objetivo y siempre confiaron en mí, por sus deseos de superación bajo cualquier circunstancia, por todo su esfuerzo y ejemplo de superación.

A mi hermano Andree quien fue mi motivo de superación y siempre estuvo conmigo apoyándome en todo momento.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme salud y permitir tener una vida de aprendizaje enseñanzas de buenos y malos momentos que sirvieron de mucho para mi persona.

A la Universidad Privada San Carlos por abrirme las puertas de esta casa de estudios, a sus docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por impartir sus enseñanzas hacia mi persona y poder encaminarme como una excelente profesional.

Al Dr. Esteban Isidro Leon Apaza por haber aceptado la asesoría de este proyecto de tesis por su amplia capacidad también por su apoyo y confianza hacia mi persona.

A mis jurados M.Sc. Julio Wifredo Cano Ojeda, M.Sc. Elvira Anani Durand Goyzueta, M.Sc. Marlene Cusi Montesinos por sus sugerencias y aporte de ideas para así mejorar el presente trabajo de investigación.

A mis padres y hermano por su comprensión y apoyo brindado a la vez a todas las personas que de alguna u otra manera contribuyeron en la realización de mi trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>13</b>
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>13</b>
1.1.1. Problema general	15
1.1.2. Problemas específicos	15
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>15</b>
1.2.1. Antecedentes internacionales	15
1.2.2. Antecedentes Nacionales	18
1.2.3. Antecedentes Locales	19
<b>1.3. OBJETIVOS</b>	<b>21</b>
1.3.1. Objetivo general	21
1.3.2. Objetivos específicos	21
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>22</b>
<b>2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	<b>22</b>
2.1.1. Agua	22
	3

2.1.2. Pozos de agua	26
2.1.3. Parámetros de la calidad del agua	29
2.1.3. Contaminación de pozos subterráneos	35
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>37</b>
<b>2.3. MARCO NORMATIVO</b>	<b>38</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS</b>	<b>39</b>
2.4.1. Hipótesis general	39
2.4.2. Hipótesis específica	39
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>40</b>
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>40</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>41</b>
<b>3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS</b>	<b>42</b>
3.3.1. Tipo de Investigación	42
3.3.2. Diseño de Investigación	42
3.3.3. Enfoque de la investigación	42
3.3.5. Materiales	43
3.3.6. Procedimientos	44
<b>3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>46</b>
<b>3.5. MÉTODOS O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>47</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	<b>48</b>
<b>4.1. RESULTADOS</b>	<b>48</b>
4.1.1. Concentración de los parámetros físico-químicos del agua de los pozos de acuerdo a los ECA Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile Distrito de Ilave.	49
4.1.2. Concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los pozos de acuerdo a los ECA Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado	

de Vilcachile Distrito de Ilave.	57
<b>4.2. CALIDAD DEL AGUA</b>	<b>60</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>69</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>70</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>80</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 01:</b> Operacionalización de variables	46
<b>Tabla 02:</b> Parámetros físicos del agua	49
<b>Tabla 03:</b> Parámetros químicos del agua	51
<b>Tabla 04:</b> Comparación de parámetros físicos del agua - ECAS	53
<b>Tabla 05:</b> Comparación de parámetros químicos del agua - ECAS	55
<b>Tabla 06:</b> Parámetros microbiológicos del agua	58
<b>Tabla 07:</b> Comparación parámetros microbiológicos del agua - ECAS	59
<b>Tabla 08:</b> Calidad del agua respecto a los parámetros físicos	60
<b>Tabla 09:</b> Calidad del agua respecto a los parámetros químicos	61
<b>Tabla 10:</b> Calidad del agua de los parámetros microbiológicos	63
<b>Tabla 11:</b> Hipótesis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	64
<b>Tabla 12:</b> La hipótesis específica acerca de los parámetros físico-químico	65
<b>Tabla 13:</b> La hipótesis específica acerca de los parámetros microbiológicos	67

## ÍNDICE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Plano de ubicación del distrito de Vilcachile	41
<b>Figura 02:</b> Recolección de muestra de agua supervisada por el poblador a cargo del pozo.	89
<b>Figura 03:</b> Selección muestra de agua en un recipiente.	90
<b>Figura 04:</b> Toma de muestra de temperatura de agua.	91
<b>Figura 05:</b> Muestra contenida en un recipiente transparente.	92

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia	81
<b>Anexo 02:</b> Resultados de laboratorio	83
<b>Anexo 03:</b> Normativas utilizadas	87
<b>Anexo 04:</b> Panel fotográfico	89

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos para el consumo humano en el centro poblado de Vilcachile, Ilave, 2023. La metodología utilizada fue descriptiva, diseño no experimental, con una muestra que fue de 4 pozos, seleccionados por la disponibilidad y accesibilidad. En el análisis de los parámetros físico-químicos del agua de los pozos de Vilcachile, se obtuvo los siguientes resultados, el pH varió entre 6,67 y 7,02, lo que indica un rango ligeramente ácido a neutro y cumple con el Estándar establecido. La temperatura se mantuvo constante en 14°C en todos los pozos. La conductividad eléctrica mostró variaciones, con valores entre 97,80 y 117,70 uS/cm, indicando baja salinidad. Respecto a los parámetros microbiológicos, se reportó una ausencia casi total de bacterias coliformes totales y fecales en las muestras, con valores <1 UFC/100 ml, estos resultados demuestran que el agua de los pozos es apta para el consumo humano, por lo que está acorde con criterios de calidad establecidos por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

**Palabras clave:** Agua, Calidad, Fisicoquímicos, Microbiológicos, Pozos.

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the concentration of the physical-chemical and microbiological parameters of water from wells for human consumption in the town of Vilcachile, Ilave, 2023. The methodology used was descriptive, non-experimental design, with a sample of 4 wells, selected for availability and accessibility. In the analysis of the physical-chemical parameters of the water from the Vilcachile wells, the following results were obtained: the pH varied between 6.67 and 7.02, indicating a slightly acidic to neutral range and meets the established standard. The temperature remained constant at 14°C in all wells. The electrical conductivity showed variations, with values between 97.80 and 117.70  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , indicating low salinity. Regarding microbiological parameters, an almost total absence of total and fecal coliform bacteria was reported in the samples, with values  $<1$  CFU/100 ml. These results demonstrate that the water from the wells is suitable for human consumption, and therefore complies with the quality criteria established by Supreme Decree No. 004-2017-MINAM.

**Keywords:** Water, Quality, Physicochemical, Microbiological, Wells.

## INTRODUCCIÓN

En el año 2023, la concentración de parámetros físico-químicos y microbiológicos en el agua de pozos del centro poblado de Vilcachile, Ilave, ha surgido como una seria preocupación. El agua de pozo, considerada durante mucho tiempo una fuente natural y prístina, hoy enfrenta la amenaza de contaminación proveniente de múltiples fuentes, tanto naturales como inducidas por el hombre. Este problema crítico no sólo pone en peligro la calidad del suministro de agua, sino que también ofrece un riesgo directo para la salud y el bienestar de la comunidad local.

El agua, al ser un recurso vital, cumple una función indispensable para sustentar la vida y apoyar diversas actividades humanas, desde la agricultura hasta el consumo doméstico. En el contexto específico de Vilcachile, la principal actividad económica gira en torno a la ganadería porcina y ovina. Los desechos producidos por este ganado y el uso de diferentes materiales para el alojamiento de los animales pueden introducir contaminantes en el medio ambiente, que luego pueden filtrarse a las aguas subterráneas. Estos contaminantes, que van desde agentes microbiológicos hasta compuestos fisicoquímicos, tienen el potencial de afectar la calidad del agua de pozo, particularmente la utilizada para consumo humano.

La situación se ha vuelto aún más compleja como resultado de la urbanización, la industrialización y las necesidades cada vez mayores de la vida moderna. La industrialización, el aumento de la urbanización y la mala gestión de las aguas residuales aumentan el potencial de vertidos y contaminación en las ciudades en desarrollo. Numerosos contaminantes, incluidos pesticidas, fertilizantes, compuestos peligrosos y agentes microbiológicos, pueden llegar al suministro de agua subterránea. Las fugas de fosas sépticas y la eliminación inadecuada de desechos, que pueden liberar gérmenes y virus dañinos al agua subterránea, sólo empeoran la situación.

La contaminación del agua subterránea tiene efectos de gran alcance en la salud humana y la calidad de vida en una comunidad, mucho más allá del alcance de los científicos y ambientalistas. El agua de pozo en Vilcachile es un gran problema de salud porque su composición físico-química y microbiológica no ha sido bien estudiada. Sin esta información, determinar si el agua es segura para el uso humano y determinar qué tipo de tratamiento se requiere son tareas más difíciles.

Este estudio tiene como objetivo cerrar esta brecha de conocimiento mediante la evaluación exhaustiva de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de pozo en Vilcachile, comparando los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAS) para determinar si el agua cumple con los estándares para el consumo humano o si las intervenciones son necesarias. necesarios para garantizar agua potable segura y saludable para la comunidad. Los resultados de esta investigación no sólo ilustran a los lugareños, sino que también ayudarán a resolver un problema apremiante que amenaza la calidad de vida de los residentes de Vilcachile.

## **CAPÍTULO I**

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

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

Debido a que el suelo actúa como un filtro natural, el agua subterránea normalmente tiene una apariencia transparente y prístina, pero este recurso se pueden detectar tanto contaminantes naturales como antropogénicos, es posible encontrar grandes cantidades de metales como hierro y manganeso en el agua subterránea porque se disuelven a medida que el agua se mueve por el suelo, donde la calidad del agua subterránea puede verse afectada por una variedad de factores, incluidas las descargas industriales, la actividad urbana, la agricultura, el bombeo de aguas subterráneas y la eliminación de desechos (Prato et al., 2020).

Además, la actividad humana en la zona, como la agricultura, la industria y la actividad urbana, puede liberar una variedad de contaminantes en el agua subterránea, los pesticidas y fertilizantes utilizados en la agricultura pueden infiltrarse en el suelo y alcanzar los acuíferos, lo que aumentaría la concentración de sustancias químicas y microorganismos dañinos, del mismo modo, las prácticas industriales y las descargas de aguas residuales pueden introducir productos químicos tóxicos en el agua subterránea, generando una situación de riesgo para la salud y el bienestar de la población local. También la presencia potencial de contaminación microbiológicos en el agua de los pozos, por las fugas de fosas sépticas y la disposición inadecuada de desechos pueden contaminar los acuíferos con bacterias, virus y otros patógenos, lo que representa una



amenaza para la salud pública y puede dar lugar a brotes de enfermedades transmitidas por el agua (Ccama & Cruz, 2023).

Por lo cual cada proceso natural donde las actividades agrícolas e industriales están contaminando de manera directa o indirecta a través del subsuelo de manera subterránea, lo que la contaminación de las aguas subterráneas con grandes cantidades de niveles fuera de lo normal, es principalmente el problema que se genera la contaminación de aguas a través del subsuelo, lo que viene a ser de manera mortal y mucho más arraigado en todo el mundo, donde la contaminación a través del sub suelo afecta a más de 100 millones de personas alrededor del mundo, por lo que las personas han sido envenenadas por el consumo de agua no tratada en grandes, en el Occidente de la India, afectando directamente el flujo del agua que va por el subsuelo lo cual fue alterado en áreas muy amplias debido a la irrigación extensiva en el lugar específico, por lo que 35 millones a más de personas que dependen de los pozos que son entubados que han sido poco profundos suministro de agua obtienen el agua de un acuífero poco profundo (Mejía et al., 2021).

En la comunidad de Vilcachile donde interviene el programa social PAIS que es el programa nacional de plataformas de acción para la inclusión social, menciona que la actividad principal en la zona se caracteriza por ovinos y porcinos que son criados en las mismas viviendas, por lo que la presente investigación inicia del enfoque principal donde la orina y las heces de los animales contaminan los pozos instalados en las viviendas, las cuales proveen de agua para su consumo humano, no existiendo ninguna otra fuente de potabilización, los contaminantes que generan los animales están afectando el subsuelo del agua y esto afectará directamente los pozos, por lo que es necesario realizar de manera urgente el análisis de la calidad del agua para determinar si los parámetros están cumpliendo adecuadamente con ellos estándares de calidad ambiental.

A la fecha no hay ningún reporte o evaluación acerca de la calidad del agua realizado por el municipio o otra organización que determina la calidad del agua o que, si es apto o no apto gracias a los estándares de calidad del agua establecidos, por lo que es necesario

compararlos los resultados de laboratorio para así tener una visión mucho más clara y brindar las recomendaciones necesarias para la intervención oportuna.

### **1.1.1. Problema general**

¿Cuál será la concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos del centro poblado de Vilcachile, Ilave, 2023?

### **1.1.2. Problemas específicos**

¿Cuál es la concentración de los parámetros físico-químicos del agua de los pozos en el centro poblado de Vilcachile?

¿Cuál es la concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los pozos en el centro poblado de Vilcachile?

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **1.2.1. Antecedentes internacionales**

González (2023), en su investigación examinó la calidad del agua subterránea en el golfo de Urabá utilizando índices específicos de calidad, donde la metodología implementada incluyó la recopilación y análisis de variables de medición de la calidad del agua, para los hallazgos revelaron que los cuatro componentes principales identificados, cuyos valores propios superaron el umbral de 1, representaron el 79,5% de la variabilidad total de los datos, donde estos componentes se distinguieron por su alta incidencia en ciertos cationes como el  $\text{Na}^+$  y  $\text{Mg}^+$ , y en aniones como el cloro, a través del uso del diagrama de Piper, se clasificó las muestras de agua en dos categorías principales según su composición catiónica: sódica potásica y magnésica, observando que la predominancia aniónica correspondía a los iones bicarbonato. Concluye que el análisis mediante el índice WQI para el consumo humano mostró que la mayoría del agua analizada posee una calidad considerada buena 47,8%, localizada principalmente en las zonas norte y sur del área estudiada, por otro lado un 33,3% del agua se catalogó de calidad pobre, ubicada mayormente en el sector occidental y en los límites orientales.

Astudillo (2023), en su investigación planteó el objetivo que fue determinar y comprobar la calidad fisicoquímica del agua del balneario. Para ello, se recolectaron un total de seis

muestras: tres procedentes de pozos que abastecen la piscina termal y tres directamente de la piscina. Los resultados obtenidos para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos in situ incluyen: temperatura ambiente de 26,3°C, temperatura de la muestra de 36°C, conductividad eléctrica de 1096 uS/cm, oxígeno disuelto de 5 mg/l, sólidos totales de 711 mg/l, y un pH de 7. Además, se detectaron coliformes totales y fecales en cantidades superiores a  $1,661 \times 10^3$  UFC/100ml. Estos resultados indican una mineralización excesiva del agua, clasificándose como bicarbonatada magnésica. Se observa una contaminación cruzada entre la piscina y el pozo. Aunque la piscina está siendo contaminada por los usuarios y no tiene contacto directo con el pozo, se encontró que el pozo también está contaminado.

Guevara & Murcia (2021), identificaron y analizaron muestras de pozos de 8 a 10 metros de profundidad por medio de laboratorios certificados, con el fin de determinar la calidad del agua y su aptitud para el consumo humano. Se evaluaron diversos parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Resultados: Alcalinidad Total: Se encontró un valor de 284 mg CaCO<sub>3</sub>/L, superando el valor máximo aceptable de 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L. Color Aparente: El resultado fue de 9 UPC, dentro del límite aceptable de 15 UPC. Conductividad Eléctrica de Campo: Se registró 908 mS/cm, por debajo del valor máximo de 1000 mS/cm. Dureza Total: Se obtuvo 296 mg CaCO<sub>3</sub>/L, cercano al límite aceptable de 500 mg CaCO<sub>3</sub>/L. N-Nitratos: Se midieron 2,6 mg N-NO<sub>3</sub>/L, por debajo del valor máximo de 10 mg N-NO<sub>3</sub>/L. N-Nitritos: Se detectaron 0,127 mg N-NO<sub>2</sub>/L, ligeramente por encima del valor máximo de 0,1 mg N-NO<sub>2</sub>/L. Cloruros: Resultado de 2 mg Cl-/L, muy por debajo del límite de 250 mg Cl-/L. pH en Campo: Se encontró un pH de 7,96, dentro del rango aceptable de 6,5 a 8,0 según la OMS y de 6,5 a 9,0 según otras fuentes. Turbidez: Se registró un valor de 8,67 NTU, excediendo el valor máximo aceptable de 2 NTU. Coliformes Totales: Resultado de 2400 NMP/100mL, dentro del límite de 20000 NMP/100mL. Escherichia Coli: Se detectaron 920,8 NMP/100 mL, por debajo del valor máximo aceptable de 2000 NMP/100mL. Estos resultados indican que, en general, la calidad del agua de los pozos

cumple con la mayoría de los estándares para el consumo humano, aunque se observan algunas excepciones que requieren atención.

Rojas & Altamirano (2021), en su estudio, se investigaron los pozos de una región específica para evaluar sus condiciones fisicoquímicas y garantizar la seguridad del agua para el consumo humano. Desde 2011, ha sido un requisito legal incluir este tipo de análisis en los estudios de calidad del agua. Se examinaron doce pozos, once de ellos excavados y uno perforado. Los resultados del análisis mostraron que, en términos físico químicos, el agua de los pozos es de buena calidad y cumple con los estándares establecidos para el consumo humano. Sin embargo, los indicadores de calidad relacionados con la contaminación microbiológica revelaron un problema significativo: la presencia de Coliformes Totales y *Escherichia coli* en las tres fuentes monitoreadas. Este hallazgo indica que, a pesar de la calidad fisicoquímica adecuada, ninguna de estas fuentes es segura para el consumo humano debido a la contaminación microbiológica. Este contraste entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos destaca la importancia de un análisis integral del agua, considerando tanto aspectos químicos como biológicos, para garantizar su total seguridad para el consumo humano.

Cardoso & Ramirez (2021), realizaron un sistema que cumpla adecuadamente con todos los requisitos y restricciones, es fundamental caracterizar con precisión el agua. En este contexto, se llevaron a cabo análisis físico-químicos y microbiológicos del agua del pozo principal de la Finca El Arbolito. Estos análisis se realizaron teniendo en cuenta la resolución 0330 de 2017 y los resultados se compararon con los estándares nacionales establecidos por la resolución 2115 de 2007. Este proceso permitió identificar los elementos cuyas concentraciones excedían los límites permitidos. A partir de estos hallazgos, se planea implementar las recomendaciones de cuidado tecnológico especificadas en el artículo 9 de la resolución 0330 de 2017. Se recomienda la adopción del procedimiento más adecuado para eliminar los contaminantes químicos identificados en el análisis de laboratorio de la muestra de agua. Este enfoque garantizará que el agua del pozo cumpla con las normativas vigentes y sea segura para el uso previsto.

Silvera et al. (2021), su investigación se centró en examinar la calidad del agua del Pozo en Miramar. Para ello, se realizaron tres visitas exploratorias a la región, durante las cuales se recolectaron muestras de agua en puntos estratégicos. Estas muestras fueron analizadas para determinar su pH, temperatura, niveles de fosfato, nitrato, turbidez, conductividad, salinidad, oxígeno disuelto, coliformes totales y coliformes fecales. Con base en los resultados de laboratorio, se desarrolló un índice de calidad del agua para comparar el agua del río y del pozo. Según este índice, la calidad del agua del río fue clasificada como pobre, mientras que la del pozo fue considerada buena. Sin embargo, se identificó una preocupante contaminación por coliformes fecales tanto en el agua doméstica como en la escolar, comparándolas con los estándares establecidos para el agua potable. Este hallazgo es significativo porque indica que, a pesar de la buena calificación general del agua del pozo según el índice de calidad, existe una contaminación específica que podría representar un riesgo para la salud de los residentes. Por tanto, se sugiere la necesidad de medidas adicionales para tratar y monitorizar el agua, especialmente en lo que respecta a la contaminación microbiológica.

### **1.2.2. Antecedentes Nacionales**

Díaz (2021), en su estudio evaluaron los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua, tomando tres muestras según los lineamientos del Protocolo de Monitoreo y empleando una metodología de tipo descriptivo comparativo. Uno de los hallazgos clave fue en el parámetro del pH: la muestra de la primera vivienda mostró una desviación estándar mayor (0,47920 pH), lo que indica una variabilidad significativa en comparación con las otras muestras. Esto sugiere que los valores de pH fluctúan considerablemente alrededor de la media. En cuanto a los coliformes totales, se observó que la segunda vivienda presentó la mayor desviación estándar (18,73499 UFC/100 mL) entre todas las muestras. Esta alta variabilidad indica diferencias significativas en la concentración de coliformes totales en comparación con otras muestras. A pesar de estas variaciones en pH y coliformes totales, los resultados generales sugieren que las características físicas del sistema de abastecimiento de agua, como los sólidos disueltos, la conductividad y la

turbidez, no comprometen la calidad del agua consumida por los habitantes del Asentamiento Humano. Esto concluye que, en términos generales, el agua analizada cumple con los estándares de calidad y es segura para el consumo.

Espinoza (2019), tuvo como objetivo principal evaluar la calidad ambiental del agua del pozo IRHS 23 grifo, destinada al consumo humano, en un centro poblado específico. Para ello, se compararon los resultados obtenidos en análisis fisicoquímicos y microbiológicos con los estándares de calidad ambiental, en particular con la categoría A1 del D.S. N°004-2017-MINAM. Los resultados de los parámetros fisicoquímicos fueron los siguientes: una turbidez de 0,44 UNT, un pH de 7,05, sólidos totales disueltos de 316 mg/L, cloruros de 8.509 mg/L, sulfato en un rango de 210 mg/L a 550 mg/L, nitrato de 50 mg/L, nitrito de 3 mg/L, conductividad de 444  $\mu$ S/cm y dureza de 375 mg/L. Estos resultados están dentro de los límites aceptables (6,5 a 8,5) establecidos por la categoría A1 para la calidad ambiental. En cuanto a los parámetros microbiológicos, se encontró un nivel de 23 NMP/100mL, lo cual también cumple con los estándares de calidad ambiental. Sin embargo, a pesar de que varios parámetros fisicoquímicos están dentro de los estándares, la presencia de nitritos, sulfato y bacterias coliformes totales y termotolerantes en el agua del pozo IRHS 23 grifo sugiere que no es adecuada para el consumo humano. Por tanto, se concluye que la calidad del agua de este pozo es mala, lo que implica un riesgo potencial para la salud de los consumidores y la necesidad de tomar medidas correctivas.

### **1.2.3. Antecedentes Locales**

Alcca (2023), tuvo como objetivo evaluar la concentración de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua destinada al consumo humano. Se seleccionaron cuatro puntos estratégicos para la toma de muestras, siguiendo el protocolo establecido para el muestreo de aguas. Las muestras recolectadas fueron enviadas a un laboratorio y los resultados obtenidos se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos: Fluoruros: Los niveles en todos los puntos de muestreo se mantuvieron



dentro del promedio establecido por el ECA (1,5 mg/L). Nitratos y Nitritos: Las concentraciones de nitratos y nitritos estuvieron por debajo de los límites del ECA (50 mg/L para nitratos y 2 mg/L para nitritos). Conductividad: La conductividad eléctrica en todos los puntos fue significativamente inferior al límite de 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  establecido por el ECA. Temperatura: Se mantuvo dentro del rango aceptable de 8 a 14°C. Oxígeno Disuelto: Cumplió con los requisitos del ECA en todos los puntos de muestreo ( $\geq 6$  mg/L). Sin embargo, los parámetros microbiológicos excedieron los estándares del ECA, con más de 50 UFC/100 mL para Coliformes Totales y 20 UFC/100 mL para Escherichia coli en tres de los puntos de muestreo. En conclusión, mientras que los parámetros fisicoquímicos generalmente cumplen con los estándares establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, indicando que el agua es adecuada desde un punto de vista químico y físico, la presencia de contaminación bacteriana en tres de los puntos de muestreo plantea serias preocupaciones. Por lo tanto, se requieren medidas correctivas para garantizar la seguridad del agua para el consumo humano en estas áreas.

Choque (2021), El estudio se enfocó en evaluar la calidad del agua del manantial Unkuñani. Se determinaron los valores físicos y químicos del agua y se compararon estos resultados con los estándares establecidos en la normativa vigente, específicamente el DECRETO SUPREMO N.º 004-2017-MINAM. Para la investigación, se tomaron muestras de agua en dos puntos diferentes de la fuente, utilizando un enfoque metodológico descriptivo. Los análisis mostraron que los parámetros químicos del agua del manantial Unkuñani se encuentran dentro de los siguientes rangos: un pH de 7,185, dureza total ( $\text{CaCO}_3$ ) de 94,95 mg/l, alcalinidad total ( $\text{CaCO}_3$ ) promedio de 76,7 mg/l, sólidos totales disueltos promedio de 231,25 mg/l, cloruros promedio de 23,05 mg/l y sulfatos ( $\text{SO}_4$ ) promedio de 16,1 mg/l. Respecto a los parámetros físicos, se registraron un color de (0) pt/co, turbidez de 1,58 UNT, conductividad de 253,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y temperatura de 13,1 °C. Estos resultados indican que el agua del manantial Unkuñani cumple con el 91,67% de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, según el DECRETO SUPREMO N.º 004-2017-MINAM. Se concluye que, con la aplicación de un proceso de potabilización

tradicional de clarificación, el agua podría ser considerada apta para el consumo y uso humano.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar la concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos para el consumo humano en el centro poblado de Vilcachile, Ilave, 2023.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Determinar la concentración de los parámetros físico-químicos del agua de los pozos de acuerdo a los ECA Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile Distrito de Ilave.

Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los pozos de acuerdo a los ECA Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile Distrito de Ilave.



## CAPÍTULO II

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

#### 2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

##### 2.1.1. Agua

###### a) Agua como recurso esencial

El agua, como recurso esencial, es pivotal para el desarrollo humano y la sostenibilidad del planeta, este recurso vital no solo sustenta la vida sino que es fundamental para mantener la salud, la higiene y la dignidad de las personas, por lo que su acceso y gestión adecuados son derechos humanos reconocidos internacionalmente, reflejando su importancia intrínseca en el bienestar social y económico, pero la creciente demanda, impulsada por factores como el crecimiento poblacional y el cambio climático, pone en peligro su disponibilidad, donde la escasez de agua dulce, exacerbada por las alteraciones en el ciclo hidrológico debido al cambio climático, representa un desafío crítico que requiere una gestión sostenible y equitativa del agua para garantizar un futuro próspero, siendo imperativo reconocer el agua no solo como un recurso limitado sino como el núcleo del desarrollo sostenible, lo que exige esfuerzos globales coordinados para su conservación y uso eficiente, asegurando así su disponibilidad para las generaciones presentes y futuras (Marinero et al., 2015).

El agua, fundamental para la vida en nuestro planeta y reconocida como un derecho humano por las Naciones Unidas, enfrenta amenazas crecientes debido a la contaminación industrial y difusa, exacerbada por factores como la urbanización y el cambio climático, por lo que en este contexto, los permisos de contaminación comercializables surgen como una herramienta innovadora tener el agua con una calidad

óptima y que se considere un recurso natural, demostrando su potencial en combinación con otros mecanismos de protección ambiental, aun a pesar de necesitar ajustes y mejoras, estos permisos representan una estrategia viable para preservar la calidad del agua y, por extensión, la biodiversidad dependiente de este recurso vital, subrayando la importancia de investigaciones futuras para optimizar su efectividad y asegurar la sostenibilidad hídrica (Neri, 2020).

El agua, más que un simple recurso, es un elemento fundamental para la supervivencia y el desarrollo humano, donde su importancia trasciende el mero consumo personal, extendiéndose a sectores vitales como la agricultura, la industria, y la generación de energía, por lo que la esencialidad del agua se evidencia en su rol crítico en el mantenimiento de la salud pública, siendo indispensable para la higiene y como vehículo para disolver y transportar nutrientes en nuestro organismo. Además, actúa como pilar para los ecosistemas, sustentando la biodiversidad y regulando el clima, pero su disponibilidad está siendo amenazada por factores como el cambio climático, la contaminación y la sobreexplotación, es importante reconocer el agua como recurso esencial es el primer paso hacia una gestión que asegure su disponibilidad para todas las formas de vida y para las generaciones futuras, enfatizando la necesidad de una acción colectiva e integrada en su protección y uso eficiente (Marinero et al., 2015).

#### **b) Propiedades del agua**

El agua es un recurso esencial para la vida en la Tierra y un componente crítico en una amplia variedad de procesos químicos y físicos como resultado de sus cualidades en conjunto, que lo convierten en un recurso esencial, las cualidades singulares del agua son vitales para el mantenimiento de los ecosistemas, la preservación de la vida y la regulación de los procesos geológicos y meteorológicos, compuestos por las siguientes propiedades (Eustaquio, 2019).

Las moléculas de agua son polares, lo que significa que los átomos de hidrógeno en un extremo tienen una carga positiva mientras que los átomos de oxígeno en el otro extremo tienen una carga negativa. Debido a esta polaridad, se pueden formar enlaces de

hidrógeno, que son absolutamente necesarios para la manifestación de una amplia variedad de características del agua (Rivera et al., 2018).

Debido a su tremenda capacidad de absorción y retención de calor, el agua actúa como regulador de temperatura de la tierra y su capacidad para absorber calor lentamente y luego liberarlo nuevamente contribuye al mantenimiento de temperaturas estables tanto en los hábitats acuáticos como en el cuerpo humano (Chimborazo, 2011).

El agua es vaporizable, pero para que se transforme de líquido a gas, es necesario someterla a una gran cantidad de calor, razón por la cual es un agente refrescante tan eficaz, con un ejemplo, a medida que el agua se evapora de la superficie de la piel durante la sudoración, el cuerpo puede regular más eficazmente su temperatura (Eustaquio, 2019).

También las moléculas de agua tienen tendencia a adherirse entre sí denominado cohesión, así como a adherirse a otras superficies denominadas adhesión, esta cualidad permite que el agua se mueva contra la fuerza de la gravedad a través de los pequeños vasos que se encuentran en las plantas (un proceso conocido como acción capilar), además de producir meniscos en los tubos que son estrechos (Rojas & Brenes, 2005).

El agua por su característica tiene la cantidad de energía necesaria, permitiendo a varias especies, específicamente como zancudos poder caminar sobre el agua, teniendo un gran problema que al traer diferentes contaminantes en sus pies puede afectar su calidad (Chimborazo, 2011).

También tiene otra característica, que es un disolvente universal acorde a su capacidad disolvente en una amplia variedad de sustancias, por lo que al ser usada para dar un adecuado mantenimiento al agua, puede ser combinada con diferentes tipos de aditivos los cuales pueden ser disueltos al contacto con el agua, tanto en su función química como biológica, permitiendo resolver cualquier tipo de problema de contaminación al ser detectada (Rojas & Brenes, 2005).

Para alcanzar una densidad adecuada la temperatura del agua debe ser de cuatro grados, seguido de un punto de ebullición acorde, ya que cuando el agua llega a

congelarse en los lugares a bajas temperaturas pierde su volumen, pudiendo perder propiedades en las que se puedan proteger sus propiedades cuando han sido puesta algun aditivo para mantener su calidad, siendo necesario mantener su temperatura (Delgado, 2012).

Otra característica del agua es que es un buen conductor de electricidad, pero en un tipo de agua dulce, esta característica no se da ya que el agua dulce no tienes sales, por lo que si al probar notamos algún cambio de sabor, podemos inferir de manera directa que el agua no está en una calidad de agua adecuada para el consumo (Delgado, 2012).

Si la moléculas del agua han cambiado su densidad de su carga en un pozo, es porque ha podido caer agua de lluvia y esto puede ser alterado al momento de transportar iones donde otros compuestos pueden volverse más susceptibles a cualquier tipo de contaminante alterando cualquier parámetro y el cual debe ser íntegro para su consumo (Delgado, 2012).

## 2.1.2. Pozos de agua

### a) Pozo como suministro de agua

Los pozos que contienen agua son utilizados para el consumo humano desempeñando un papel primordial en lugares donde no hay un acceso a un suministro de agua potable el cual tiene el derecho toda población en todo el mundo, han sido construidos de manera en la que a través del subsuelo puedan almacenar o contener en su estructura agua, prácticamente son fuentes de agua inagotables, pero no libres de sufrir cualquier tipo de alteración, por lo que siempre es necesario su mantenimiento, ya que cualquier agente externo puede alterar su calidad y no puede ser apta para el consumo humano, esto se da en las comunidades (Villareal et al., 2021).

Para que se idea un pozo debe tener una característica, su profundidad geológica, lugar y las necesidades de extracción de agua, por lo que la perforación de un pozo o la excavación inicial del suelo es necesaria para recuperar el agua (Rodríguez & Malca, 2022).

- Para poder construir adecuadamente un pozo es necesario realizar métodos correctos, como la perforación del terreno y otros.
- Luego de la perforación, se utiliza una bomba para extraer agua, la bomba puede colocarse en la superficie o sumergirse dependiendo de la profundidad del pozo y el agua necesaria que se acorde (Rodríguez & Malca, 2022).
- Las bombas sumergibles se utilizan a menudo para pozos más profundos, mientras que los pozos poco profundos pueden utilizar bombas de succión.
- Tener en cuenta que es crucial monitorear la pureza del agua que se extrae, para que esté disponible para consumo humano y otros usos se monitorea periódicamente (Rodríguez & Malca, 2022).
- Utilizando pruebas de laboratorio, se pueden encontrar contaminantes y evaluar la calidad general del agua.

- El agua se canaliza a diferentes puntos de consumo una vez recuperada, lo que implica la implementación de un sistema de distribución que conecte hogares y negocios (Rodríguez & Malca, 2022).
- Debemos garantizar una correcta construcción para que el suministro constante de agua en todo momento, los tanques de almacenamiento pueden incorporarse a los sistemas de distribución de agua (Alcivar et al., 2017).

Con el tiempo es necesario mantener los pozos funcionando correctamente y durante el mayor tiempo posible, el mantenimiento de rutina es esencial, la limpieza, la reparación de bombas y el monitoreo constante de la calidad del agua son ejemplos de tareas de mantenimiento, todo esto previene las interrupciones del suministro de agua y requiere una acción inmediata ante cualquier problema que pueda surgir.

Un aspecto muy negativo que se da, es el uso excesivo del agua subterránea cuando hay largos periodos de tiempo sin que se da un mantenimiento al manantial de donde llega el agua a través del subsuelo, por lo que es necesario con prudencia utilizar el agua y no malgastarla, o derrochando (Villareal et al., 2021).

#### **b) Agua potable utilizado a través de pozos**

Hay varias facetas de la importancia de los pozos como fuentes primarias de agua potable. Estas facetas comprenden una variedad de cualidades que resaltan el papel esencial que desempeñan los pozos en la satisfacción de las diversas necesidades de agua de las comunidades y en el fomento del desarrollo sostenible. Debido a que pueden llegar a acuíferos subterráneos, los pozos son una fuente confiable y continua de suministro de agua. Esto se debe a que aprovechan directamente los acuíferos, esta capacidad es especialmente significativa en regiones que están experimentando escasez de agua, además de proporcionar una opción resiliente para enfrentar los problemas asociados con la disponibilidad fluctuante de agua superficial, esta capacidad es especialmente significativa en regiones que están experimentando escasez de agua (Kurt et al., 2021).

La adaptabilidad de un suministro de agua que se deriva de pozos es una cualidad importante a buscar, no solo sirve como fuente de agua potables si no también de riego para la agricultura y tiene una disponibilidad más constantes, permitiendo también brindar en algunos lugares para el consumo de animales, los pozos son un componente esencial para garantizar que siempre habrá alimentos disponibles. Además, los pozos desempeñan un papel importante en la continuidad de una amplia gama de actividades manufactureras, lo que a su vez contribuye a la expansión al bienestar general (Segovia & Álvarez, 2020).

La importancia de los pozos aumenta por el hecho de que no están centralizados en ningún lugar, a diferencia de los sistemas centralizados de suministro de agua, tienen la ventaja de poder ubicarse tanto en regiones urbanas como rurales con el fin de brindar acceso al agua adaptado a las necesidades individuales de la población nivel local, siendo una estrategia descentralizada genera resiliencia comunitaria, particularmente en lugares distantes o desatendidos, donde la infraestructura hídrica alternativa puede ser inviable o financieramente prohibitiva, para que esto es especialmente cierto en áreas donde hay falta de servicio (Faviel et al., 2019).

Para el éxito de la calidad de agua se debe tener los pozos requiere una gestión adecuada de los recursos de agua subterránea, la misma que tiene que mantener prácticas de pozos sostenibles, es necesario monitorear cuidadosamente los niveles del acuífero, abstenerse de una extracción excesiva e implementar tecnología que fomente la conservación del agua, no solo proteger los ecosistemas y preservar el delicado equilibrio de los sistemas hidrológicos locales, es imperativo que los pozos se utilicen de forma responsable para garantizar la disponibilidad de agua limpia a largo plazo (Kurt et al., 2021).

Es de suma importancia que los pozos como fuente de agua potable vayan mucho más allá de la simple función de suministrar agua, para poder incorporar robustez, adaptabilidad y longevidad, siendo que la construcción de pozos contribuye significativamente al cumplimiento de los requisitos fundamentales de las comunidades,



el mantenimiento de las prácticas agrícolas, la estimulación de la actividad económica y la protección de la salud a largo plazo de los ecosistemas, por lo que las numerosas cualidades de un suministro de agua basado en pozos es vital para construir un futuro sostenible y resiliente mientras negociamos los problemas de la seguridad hídrica y la gestión de los recursos, es esencial para construir un futuro sostenible (Faviel et al., 2019)

### **2.1.3. Parámetros de la calidad del agua**

#### **a) Parámetros Físicos**

##### **Definiendo los de parámetros físicos**

En el análisis físico del agua, el valor numérico de olor o sabor se determina cuantitativamente midiendo un volumen de muestra A y diluyéndose con un volumen de muestra B de agua destilada sin olor, de modo que el olor de la mezcla resultante sea detectable en un volumen total de mezcla de 200 ml (Cid., & Araújo, 2011).

Para establecer la potabilidad del agua se realizan ensayos en forma anual y de carácter obligatorio que determinan el color, olor, turbiedad, pH, residuo fijo, conductividad, dureza, calcio, magnesio, alcalinidad, sulfato, nitrato, nitrito, amonio, cloro residual y oxidabilidad (Escalante & Paredes, 2012).

##### **Los parámetros físicos en la calidad del agua.**

Los parámetros físicos para determinar la calidad del agua son primordiales, ya que estos parámetros proporcionan información crucial sobre la salud general y la utilizabilidad de los recursos hídricos. Las características físicas sirven como indicadores clave, influyen en la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos e impactan directamente el bienestar humano y ambiental (Olmedo & Borja, 2023).

La temperatura es un parámetro físico fundamental que influye profundamente en la calidad del agua. Afecta la solubilidad de los gases, las reacciones químicas y las tasas metabólicas de los organismos acuáticos. Las desviaciones de los rangos normales de temperatura pueden indicar contaminación, degradación del hábitat o el impacto de los



vertidos industriales, todo lo cual tiene implicaciones para la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos (Olmedo & Borja, 2023).

La transparencia, o claridad del agua, es otro parámetro físico crítico. Es una medida de la capacidad del agua para transmitir luz y es indicativa de partículas suspendidas, sedimentos o presencia de algas. La reducción de la transparencia puede indicar cargas excesivas de nutrientes, lo que lleva a la eutrofización, lo que plantea riesgos para la vida acuática y compromete la calidad del agua para el consumo humano (Escandón & Cáceres, 2022).

Los niveles de oxígeno disuelto son esenciales para evaluar la calidad del agua, ya que influyen directamente en la supervivencia de los organismos acuáticos. El oxígeno es vital para la respiración de los peces y otros organismos acuáticos, y sus niveles bajos pueden deberse a la contaminación, el exceso de materia orgánica o la eutrofización. El monitoreo del oxígeno disuelto proporciona información sobre la salud general de los cuerpos de agua y ayuda a identificar posibles factores estresantes (Escandón & Cáceres, 2022).

El pH, un indicador de la acidez o alcalinidad del agua, afecta profundamente los procesos químicos y biológicos en los ecosistemas acuáticos. Las fluctuaciones fuera del rango óptimo de pH pueden afectar negativamente a la vida acuática, alterar el ciclo de los nutrientes y contribuir a la movilización de metales pesados. Los contaminantes de los vertidos industriales o la lluvia ácida pueden alterar el pH del agua, convirtiéndolo en un parámetro crucial para evaluar la calidad del agua.

La conductividad, una medida de la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica, está estrechamente relacionada con la concentración de iones disueltos, con una alta conductividad puede indicar la presencia de contaminantes como sales o metales pesados, comprometiendo potencialmente la calidad del agua para usos ecológicos y humanos (Olmedo & Borja, 2023).

Por lo cual debemos de comprender y monitorear estos parámetros físicos es parte integral de una gestión eficaz de la calidad del agua. Al evaluar la temperatura, la

transparencia, el oxígeno disuelto, el pH y la conductividad, las partes interesadas pueden identificar posibles factores de estrés ambiental, implementar estrategias de remediación y garantizar el uso sostenible de los recursos hídricos para las generaciones presentes y futuras.

## **b) Parámetros Químicos**

### **Definiendo los parámetros químicos**

El análisis químico del agua es una técnica utilizada para determinar la composición química y la presencia de diferentes sustancias en muestras de agua. Este tipo de análisis es fundamental para evaluar la calidad del agua y garantizar su seguridad para diferentes usos, como consumo humano, uso agrícola, industrial o ambiental (Mamani, 2022).

El análisis químico del agua implica la medición y cuantificación de diversos parámetros y sustancias, tales como pH, alcalinidad, dureza, concentración de iones como cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos, metales pesados, compuestos orgánicos, entre otros. Estas mediciones proporcionan información importante sobre la presencia de contaminantes, la acidez o alcalinidad del agua, su capacidad de neutralización, y la presencia de nutrientes o sustancias que puedan afectar la calidad o la salud humana (Müller & Rempel 2018).

El análisis químico del agua es una herramienta esencial para evaluar la calidad del agua y detectar la presencia de sustancias que puedan representar un riesgo para la salud humana o el medio ambiente. Proporciona información importante para tomar decisiones informadas sobre el tratamiento y gestión del agua, así como para asegurar su uso seguro y sostenible en diversas aplicaciones.

### **Los parámetros químicos en la calidad del agua**

La importancia de los parámetros químicos en la evaluación de la calidad del agua es esencial para determinar la idoneidad del agua para diversas aplicaciones, que van desde el consumo humano hasta la preservación de ecosistemas acuáticos. Estos parámetros proporcionan información detallada sobre la composición química del agua, lo que

permite la identificación de contaminantes potenciales y la evaluación de riesgos para el bienestar humano y ambiental (Escandón & Cáceres, 2022).

Un parámetro fundamental implica la concentración de sustancias como nutrientes (nitrógeno y fósforo), metales pesados y compuestos orgánicos, también los niveles elevados de nutrientes pueden provocar un crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas, provocando eutrofización y afectando negativamente a la calidad del agua y la biodiversidad acuática. Por el contrario, la presencia de metales pesados y compuestos orgánicos puede suponer riesgos para la salud humana y los ecosistemas acuáticos (Escandón & Cáceres, 2022).

La acidez del agua, medida por el pH, se destaca como otro parámetro químico crítico. El pH influye en la solubilidad de los compuestos químicos y puede afectar la disponibilidad de nutrientes para los organismos acuáticos. Las fluctuaciones sustanciales en el pH pueden sugerir la presencia de contaminantes ácidos o alcalinos, influyendo así en la calidad del agua y la salud de la vida acuática (Olmedo & Borja, 2023).

La concentración de oxígeno disuelto surge como un indicador vital de la calidad del agua. Los niveles insuficientes de oxígeno pueden provocar la mortalidad de organismos acuáticos y pueden indicar la presencia de contaminantes orgánicos. Los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) evalúan la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica en el agua, lo que ofrece información sobre la contaminación orgánica (Aveiga et al., 2019).

Por lo que debemos realizar la evaluación de los parámetros químicos del agua es fundamental para una comprensión y gestión integral de la calidad del agua. Estos parámetros proporcionan información valiosa para la toma de decisiones en la gestión del agua, salvaguardando la salud humana y preservando la salud de los ecosistemas acuáticos.

### **c) Parámetros Microbiológicos**

#### **Definiendo los parámetros microbiológicos**

El término análisis microbiológico se refiere a cualquier procedimiento que utiliza técnicas biológicas, bioquímicas, moleculares o químicas para identificar y cuantificar los microorganismos presentes en una muestra. Se usa comúnmente para describir bacterias patógenas y de deterioro (Gracia & Figueras, 2015).

El análisis microbiológico del agua se centra principalmente en la detección de microorganismos indicadores de contaminación fecal, como coliformes totales y fecales, *Escherichia coli* y enterococos fecales. Estos microorganismos son utilizados como indicadores de la posible presencia de patógenos transmitidos por el agua, que pueden causar enfermedades en los seres humanos (Nascimento et al., 2019).

El proceso de análisis microbiológico del agua generalmente implica la recopilación de muestras representativas de diferentes puntos de muestreo, como fuentes de agua, redes de distribución, pozos o cuerpos de agua. Las muestras se transportaron al laboratorio y se procesan siguiendo métodos estandarizados y protocolos específicos.

En el laboratorio, se realizan técnicas de cultivo y enumeración de los microorganismos indicadores presentes en las muestras de agua. Estas técnicas pueden incluir el uso de medios de cultivo selectivos y diferenciales, así como métodos de filtración y recuento de colonias (Nascimento et al., 2019).

El análisis microbiológico del agua se compara con los estándares establecidos por las regulaciones y normativas pertinentes, como los establecidos por organismos de salud pública, la presencia de microorganismos indicadores por encima de lo establecidos indica una posible contaminación microbiológica y la necesidad de tomar medidas correctivas, como el tratamiento del agua o la mejora de la infraestructura de suministro de agua (Müller & Rempel 2018).

Influencia del agua, impurezas Productos, examen de microorganismos, la proliferación de microorganismos patógenos como virus, bacterias y hongos se puede controlar con el uso de pruebas microbiológicas (Escalante & Paredes, 2012) .

Es crucial utilizar el tipo correcto de agua mientras aislamos e identificamos bacterias si queremos resultados precisos, ya que los procedimientos cruciales de análisis

microbiológico incluyen: Muestreo, que el uso de un número suficiente de muestras representativas garantiza hallazgos válidos y confiables. Filtración, en este proceso es crucial para maximizar la recuperación microbiana y prevenir la contaminación externa. La calidad de los medios de crecimiento tiene un impacto significativo en la cultura y finalmente incubación, donde la última etapa antes de contar las bacterias (López et al., 2011).

### **Los parámetros microbiológicos en la calidad del agua**

No se puede subestimar la importancia de los parámetros microbiológicos en la calidad del agua, ya que son fundamentales para evaluar la seguridad y los riesgos potenciales para la salud asociados con el consumo de agua. Los parámetros microbiológicos se centran específicamente en la presencia y abundancia de microorganismos, incluidas bacterias, virus y otros patógenos, lo que proporciona información crucial sobre la calidad microbiana general del agua (Fustamante, 2020).

Uno de los parámetros microbiológicos clave es la presencia de bacterias coliformes fecales, como *Escherichia coli* (*E. coli*). Estas bacterias son indicadores de contaminación fecal y pueden usarse para evaluar la presencia potencial de patógenos transmitidos por el agua que pueden causar enfermedades en los humanos. Monitorear los niveles de coliformes fecales es esencial para garantizar la seguridad del agua destinada a beber y a fines recreativos (Fustamante, 2020).

Otro parámetro microbiológico importante es la detección de microorganismos patógenos, incluidas diversas bacterias y virus. Los patógenos en el agua pueden plantear graves riesgos para la salud y causar enfermedades transmitidas por el agua como el cólera, la fiebre tifoidea y la gastroenteritis. Evaluar la presencia de estos microorganismos es fundamental para prevenir enfermedades transmitidas por el agua y proteger la salud pública (Hernández et al., 2021).

La enumeración de bacterias heterótrofas también es un parámetro microbiológico valioso, si bien estas bacterias no son necesariamente dañinas en sí mismas, su presencia y abundancia pueden servir como indicador de la actividad microbiana general

en el agua, niveles inusualmente altos pueden sugerir cambios en la calidad del agua o la presencia de materia orgánica que podría favorecer el crecimiento de microorganismos potencialmente dañinos (Figueroa & Reyes, 2022).

Los parámetros microbiológicos en la evaluación de la calidad del agua juegan un papel vital para garantizar el cumplimiento de las normas y reglamentos de seguridad, por lo que el monitoreo regular ayuda a identificar posibles fuentes de contaminación, rastrear tendencias en la calidad microbiana e implementar medidas correctivas para salvaguardar la salud pública, por lo que los parámetros microbiológicos son herramientas indispensables para evaluar la seguridad del suministro de agua y mitigar los riesgos asociados con la contaminación microbiana (Fustamante, 2020).

### **2.1.3. Contaminación de pozos subterráneos**

#### **a) Descripción de la contaminación de pozos subterráneos**

El agua subterránea circula a través de los poros del suelo, de sedimentos y de grietas y fracturas en rocas del subsuelo (Queralt et al., 2013). A medida que fluye, transporta sustancias disueltas, lo que tiene implicaciones positivas para los procesos geológicos de larga duración relacionados con la precipitación y disolución de minerales a lo largo de miles y millones de años, al tiempo que le permite transportar nutrientes y energía entre diferentes porciones de una cuenca hidrológica. Sin embargo, esto también tiene consecuencias negativas, derivadas principalmente de la actividad humana, pues el agua se contamina fácilmente y arrastra elementos nocivos al subsuelo. Fugas y derrames de sustancias, utilizadas o producidas por el ser humano (gasolinas, fertilizantes, aguas negras, desechos industriales, entre otras), se infiltran y llegan al agua subterránea, la contaminan y ocasionan que no sea apta para uso humano (Organización Mundial de la Salud, 2012).

#### **b) Fuentes de contaminación y sus efectos en la calidad del agua**

##### **Vertidos Producidos por Industrias**

- Las descargas industriales tienen el potencial de introducir una amplia variedad de contaminantes en el medio ambiente. Estos contaminantes pueden incluir metales



pesados (como mercurio, plomo y cadmio), solventes orgánicos y compuestos peligrosos (Pino et al., 2020).

- La presencia de estos contaminantes tiene el potencial de desestabilizar los ecosistemas acuáticos, lo que a su vez puede tener un impacto en el bienestar y las capacidades reproductivas de los animales acuáticos. Además, pueden presentar peligros para la salud humana si se utiliza agua contaminada para actividades como beber o irrigar (Pino et al., 2020).

### **Prácticas Agrarias**

- El uso de fertilizantes da como resultado la introducción de nutrientes como nitrógeno y fósforo, mientras que el uso de pesticidas y herbicidas da como resultado la introducción de residuos químicos (Camacho, 2019).
- Los herbicidas como los pesticidas representan una amenaza para la vida acuática, incluidos los peces y los invertebrados, y también tienen el potencial de contaminar el suministro de agua potable para los humanos (Camacho, 2019).

### **Esorrentía de las ciudades**

- La esorrentía urbana puede incluir una variedad de contaminantes, incluidos petróleo, metales pesados (de automóviles e infraestructura), pesticidas y escombros, entre otros.
- Las aguas pluviales, lo que luego conduce a la introducción de contaminantes en los cuerpos acuáticos. Esto puede resultar en el deterioro del hábitat, cambios en los cursos de los arroyos y una disminución en la calidad del agua.

### **Aguas Residuales**

- Los efluentes que se descargan de las plantas de tratamiento aún pueden contener trazas de medicamentos, nutrientes y patógenos.
- A pesar de los esfuerzos de las plantas de tratamiento para eliminar los contaminantes, pequeñas cantidades de medicamentos y nutrientes aún pueden llegar a los cuerpos de agua, lo que puede tener un efecto sobre las criaturas acuáticas y el delicado equilibrio ecológico que ayudan a mantener.

## Deposición de Materia

- Partículas en la atmósfera, como metales pesados y productos químicos industriales.
- Los efectos de la deposición atmosférica incluyen la introducción de toxinas en los cuerpos de agua por precipitación o deshielo, lo que contribuye a la acumulación gradual de contaminantes en los ecosistemas acuáticos con el tiempo.

### c) Teoría de la contaminación del agua subterránea

Comprender los procesos y mecanismos que conducen a la entrada de contaminantes a los acuíferos y, como resultado, un impacto en la calidad del agua subterránea es fundamental para la teoría de la contaminación del agua subterránea (Fonseca et al., 2019). A continuación se enumeran algunos componentes cruciales:

#### Posibles orígenes de la contaminación

- El agua subterránea puede contaminarse por una amplia variedad de causas, algunas de las cuales se incluyen aquí: vertidos industriales, vertidos de aguas residuales urbanas, infiltración de productos químicos agrícolas, eliminación de residuos sólidos y líquidos, actividades mineras, etc (Grondona et al., 2022).

#### Trámites Involucrados en el Transporte

- Es posible que los contaminantes que se introducen en la superficie terrestre sean transportados a través del suelo y eventualmente lleguen al agua subterránea. Este movimiento puede involucrar mecanismos como lixiviación, advección y dispersión, y tiene el potencial de influir en la distribución espacial así como en la concentración de contaminantes en el subsuelo (Fonseca et al., 2019).

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

**Agua subterránea:** El agua subterránea es el agua que se encuentra almacenada bajo la superficie de la tierra en los espacios porosos de los acuíferos, por lo que se origina a partir de la infiltración de precipitaciones y su movimiento a través del suelo y las rocas hasta alcanzar una zona de saturación, siendo una importante fuente de suministro de agua potable y puede encontrarse en pozos, manantiales o ser extraída mediante técnicas de bombeo (Cifuentes et al., 2012)..



**Calidad de agua:** La calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y microbiológicas que determinan su aptitud para ser utilizada en diferentes usos, como consumo humano, riego, uso industrial, entre otros, la evaluación de la calidad del agua implica analizar y medir diferentes parámetros para determinar si cumple con los estándares y requisitos establecidos para cada uso específico.

**Parámetros físicos:** Los parámetros físicos del agua se refieren a las propiedades físicas que se pueden medir y evaluar, estos parámetros pueden incluir la temperatura del agua, el pH (acidez o alcalinidad), la conductividad eléctrica, la turbidez (claridad visual del agua), el color, la densidad, la viscosidad, entre otros. Estos parámetros proporcionan información sobre la apariencia, características y comportamiento físico del agua (Hidalgo, 2005).

**Parámetros microbiológicos:** Los parámetros microbiológicos del agua se refieren a la presencia y cantidad de organismos microscópicos, como bacterias, virus, hongos y otros microorganismos, que pueden estar presentes en el agua. Los parámetros microbiológicos comunes en el análisis del agua incluyen la presencia de coliformes totales, *Escherichia coli* (indicadores de contaminación fecal) y otros microorganismos patógenos que pueden representar un riesgo para la salud humana (Mazari et al., 2007).

**Parámetros químicos:** Los parámetros químicos del agua se refieren a las sustancias químicas presentes en el agua y su concentración. Estos pueden incluir elementos y compuestos inorgánicos, como metales pesados, así como compuestos orgánicos, como pesticidas, productos farmacéuticos, productos químicos industriales, entre otros. El análisis químico del agua permite determinar la presencia y concentración de estas sustancias y evaluar su impacto en la calidad del agua y la salud humana (Gutiérrez & Arroyo, 2014).

### **2.3. MARCO NORMATIVO**

Para la presente investigación se basó en la presente normativa:

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM - Estándares de calidad del agua.

Norma Técnica Peruana “NTP 214.003:1987 (revisada el 2021) CALIDAD DE AGUA”.

D.S. N° 031-2010-SA- Reglamento de la Calidad del Agua.

Comisión de salud y población periodo anual de sesiones 2018-2019, dictamen  
16-2018-2019/CSP-CR

Metodología para la determinación del índice de calidad de agua de los recursos hídricos  
superficiales en el Perú (Ica – Pe)

LEY N° 30588 - Ley de Reforma Constitucional que reconoce el derecho de acceso al  
agua como Derecho Constitucional según el Artículo 7°-A. - El Estado reconoce el  
derecho de toda persona a acceder de forma progresiva y universal al agua potable.

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los  
pozos no cumplen con la normativa establecida en el Decreto Supremo N°  
004-2017-MINAM, en el centro poblado de Vilcachile, Ilave 2023.

### **2.4.2. Hipótesis específica**

La concentración de los parámetros físico-químicos del agua de los pozos no cumple con  
los ECA según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile  
Distrito de Ilave, 2023.

La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los pozos no cumplen  
con los ECA según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de  
Vilcachile Distrito de Ilave, 2023.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

Ubicada en el centro poblado de Vilcachile, ubicado a 11 kilómetros del Distrito de Ilave, provincia El Collao, departamento Puno.

Viviendas 138

Habitantes 309

Longitud -69.539910

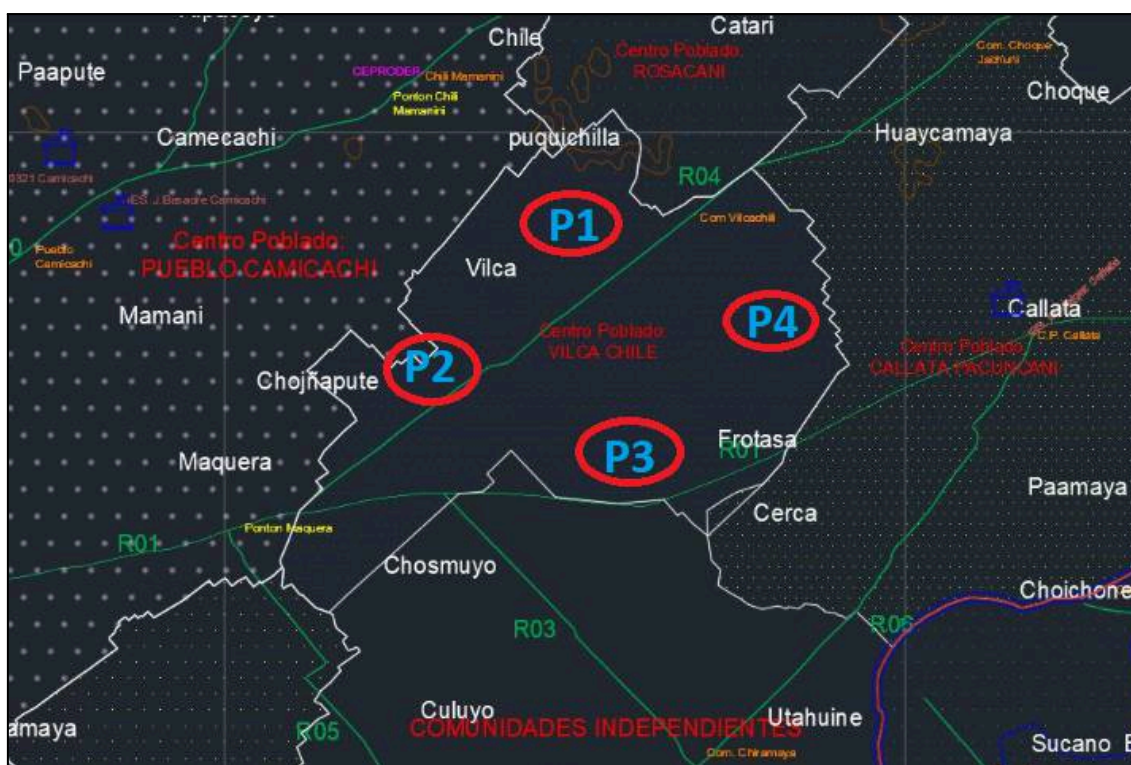
Latitud -16.020234

NORTE: Centro Poblado Rosacani

ESTE: Centro Poblado Callata Pacuncani

OESTE: Centro Poblado Camicachi

SUR: Comunidad Campesina Chusmuyo



**Figura 01:** Plano de ubicación del distrito de Vilcachile

**Fuente:** Plano de sectorización Municipalidad

### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

En el centro poblado de Vilcachile, no contaban con servicio de agua, por lo que se abastecen mediante el uso de pozos subterráneos. Estos pozos, que en total eran 30, se conectaban a un acuífero ubicado en el subsuelo..

#### Muestra

Para la muestra se consideraron cuatro pozos por conveniencia, debido a que se contaba con facilidades de acceso para la toma de muestras. A los demás pozos no se pudo acceder porque se encontraban dentro de las viviendas y no se disponía de permiso para ingresar. Esta situación fue similar a la descrita por Rizzo (2004), quien mencionó: "Estas muestras están formadas por los casos disponibles a los cuales tenemos acceso" (Battaglia, 2008a) citado por (Hernández et al., 2014).

### **3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS**

Esta sección se dedicó a la exposición de los métodos y técnicas empleados en la investigación, abordando cada aspecto crucial que guía la indagación científica y fortalecimiento del conocimiento.

#### **3.3.1. Tipo de Investigación**

Hernández et al. (2010), definen que un tipo de investigación descriptiva se orienta hacia la especificación detallada de las características, propiedades y perfiles de elementos, individuos, agrupaciones, comunidades, procedimientos y cualquier otro objeto de estudio que pueda someterse a un análisis exhaustivo, buscando principalmente la obtención de una comprensión minuciosa y detallada de los fenómenos investigados.

#### **3.3.2. Diseño de Investigación**

Hernández et al. (2010), definen el diseño no experimental, caracterizado por la ausencia de manipulación deliberada de las variables, dicho de otra manera, el estudio no se efectúan modificaciones intencionadas en las variables, lo que permite observar cómo las variables se comportan sin que se tenga modificaciones y porque se obtuvieron los datos tal cual como son, sin tratar de modificar los mismos y en un solo momento para cada pozo.

#### **3.3.3. Enfoque de la investigación**

La investigación se llevó a cabo con un enfoque cuantitativo, donde los resultados obtenidos, expresados en valores numéricos, fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) establecidos para el agua. Este enfoque cuantitativo permitió realizar un análisis preciso del grado de cumplimiento o desviación con respecto a los estándares ambientales predefinidos. La evaluación de la calidad del agua se realizó de manera rigurosa en función de parámetros específicos, proporcionando así una base sólida para la toma de decisiones y la implementación de medidas correctivas, según fuera necesario (Hernández et. al, 2014).

#### **3.3.4. Método**

Basado en las recomendaciones de Hernández et al. (2014), dan el enfoque deductivo-cuantitativo se utilizó para llevar a cabo la investigación. La fase deductiva en este modelo implica la formulación de hipótesis previas que se pusieron a prueba mediante la recopilación de datos. Durante la ejecución del estudio, se adoptó una metodología centrada en la obtención de información cuantificable, expresada en valores numéricos.

La recolección de datos se llevó a cabo mediante una exhaustiva técnica de medición, por lo que el método permitió no sólo describir los fenómenos observados, sino también evaluar cuantitativamente las relaciones entre las variables de interés. De esta manera, se logró confirmar la veracidad de las teorías propuestas al inicio de la investigación.

### **3.3.5. Materiales**

#### **Herramientas para el campo:**

- Mapas y material cartográfico.
- Pizarra.
- Cuaderno de campo.
- Bolígrafo.
- Guantes desechables.
- Cuaderno de campo.
- Protector facial.
- Mascarilla quirúrgica.

#### **Dispositivos:**

- Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
- Cámara fotográfica.
- Computadora portátil.

#### **Suministros para el laboratorio:**

- Tubos de digestión.
- Bureta.
- Pipetas.



- Dosificador de agua destilada.
- Matraces volumétricos de 100 mL.
- Cápsulas de porcelana.
- Soporte con pinzas para sujetar buretas.
- Goteros.
- Matraces Erlenmeyer.
- Tubos de 22x175mm de 10.0 mL.
- Tubos de 16x150mm de 10.0 mL.
- Caja de Petri.
- Tubos de 13x100mm.

### **3.3.6. Procedimientos**

#### **Procedimiento de Muestreo de Agua**

- Se siguió meticulosamente el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos (ANA, 2019). Se utilizaron envases de vidrio previamente rotulados con una capacidad de un litro para cada muestra. Antes de la recolección de las muestras, los recipientes fueron enjuagados tres veces con agua de la fuente correspondiente, descartando cada vez el agua de enjuague. Posteriormente, se tomaron las muestras eliminando la cámara de aire y cerrando herméticamente los envases. Finalmente, las muestras se almacenaron en un cooler con gel refrigerante para su conservación y se transportaron de inmediato al Laboratorio de control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAP para su análisis.

#### **Procedimiento para el Análisis de Objetivos Específicos**

Objetivo Específico 1: Determinación de Parámetros Físico-Químicos.

- Para la toma de muestras se utilizaron frascos de vidrio esterilizados y etiquetados de 0,5 L, siguiendo las pautas estándar de la APHA (2018). Los recipientes se enjuagaron con agua de la fuente y se sumergieron a una profundidad de 20 cm, manteniendo un ángulo de 30° para contrarrestar el flujo natural del agua. Posteriormente, las muestras se etiquetaron debidamente y se acondicionaron para



su transporte al laboratorio de control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAP.

- Para el análisis de parámetros físico-químicos se utilizaron equipos especializados, como potenciómetros, oxímetros y termómetros, para evaluar los parámetros físico-químicos in situ. Además, se realizaron pruebas para la determinación de la DBO, nitratos y fósforo utilizando kits de prueba específicos. Se midieron también los sólidos totales disueltos y la turbidez con un equipo multiparámetro portátil.

Objetivo Específico 2: Análisis Microbiológico.

- Para la toma de muestras se emplearon frascos de vidrio esterilizados y etiquetados de 0,5 L, según las directrices de la APHA (2018). Los recipientes se enjuagaron con agua de la fuente y se sumergieron a 20 cm de profundidad, manteniendo un ángulo de 30°. Las muestras se etiquetaron y acondicionaron para su transporte al laboratorio de control de calidad.
- Para el análisis de parámetros microbiológicos se aplicó la técnica del número más probable (NMP) según el método 9221 de la APHA (2018), incluyendo etapas presuntivas, de confirmación y completas para detectar y cuantificar los coliformes fecales. Se utilizaron caldos de E. coli y placas de medios selectivos para llevar a cabo estos análisis.

Una vez obtenidos los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos, se procesaron los parámetros clave. Esto permitió determinar las concentraciones de los parámetros y evaluar su cumplimiento con los Estándares de Calidad Ambiental establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 01:** Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	CATEGORÍA Y VALORES
VI: Parámetros	Físicos	Temperatura,	°C	NOMINAL
-físico		pH.	ácido y	
-químicos		conductividad	alcalino	
- microbiológicos			µS/cm	
	Químicos			
		Sulfatos,	mg/L	
		nitratos,		
		cloruro,	°dH	
		fósforo	g/L	
		dureza	mg/L	
		sólidos		
		oxígenos		
	Microbiológicos		Cultivo	
		Coliformes		
		totales y		
		fecales		
VD: Calidad del agua	Índice del agua			

### 3.5. MÉTODOS O DISEÑO ESTADÍSTICO

En el estudio realizado, se empleó estadística descriptiva para ver los resultados de laboratorio, métodos que permitieron visualizar claramente los datos y facilitaron la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) establecidos por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, por lo que esta aproximación descriptiva proveyó una base inicial para evaluar las características de calidad del agua de manera efectiva.

Para el estadística inferencial, se optó por la prueba U de Mann-Whitney, utilizada para comparar las medianas de dos grupos independientes bajo la condición de no normalidad de los datos, en base a los datos de resultado de laboratorio (Anexo 02), lo cuales se compararon con los rangos permitidos por los ECAs. Para posteriormente aceptar o negar la hipótesis nula como alterna, en base de la estadística significativa que se consideró un 95% de confiabilidad y un margen de error del 5%, siendo  $p < 0,05$ ), siendo esta decisión metodológica aseguró la adecuada evaluación de la conformidad ambiental de las muestras de agua analizadas.

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. RESULTADOS

En el contexto específico de la investigación en el Centro Poblado de Vilcachile, Ilave, realizada en el año 2023, se tomaron cuatro muestras en puntos estratégicos para evaluar la concentración de parámetros físico-químicos y microbiológicos en el agua de pozos. Estos puntos estratégicos fueron seleccionados con el propósito de obtener una representación significativa de la calidad del agua en el área de estudio.

Es importante destacar que la medición de parámetros físico-químicos incluye propiedades como la temperatura, el pH, la conductividad eléctrica, la turbidez, entre otros, mientras que la evaluación microbiológica se enfoca en la presencia de microorganismos indicadores de contaminación, como coliformes fecales. Los resultados obtenidos proporcionan información crucial para evaluar la seguridad y potabilidad del agua destinada al consumo humano en la zona de estudio, la desagregación por punto de monitoreo permite identificar posibles variaciones en la calidad del agua entre los distintos pozos, brindando así una visión más detallada y específica de la situación.

La investigación contribuye a la comprensión de la calidad del agua en la región, lo cual es esencial para la salud pública y el bienestar de la comunidad. Los datos obtenidos sirven como base para la implementación de medidas correctivas o preventivas, en caso de ser necesario, para garantizar el suministro de agua segura y saludable para la población del Centro Poblado de Vilcachile, Ilave.

#### 4.1.1. Concentración de los parámetros físico-químicos del agua de los pozos de acuerdo a los ECA Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile Distrito de Ilave.

##### 4.1.1.1. Concentración de los parámetros físico-químicos del agua

**Tabla 02:** Parámetros físicos del agua

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS	1° POZO	2° POZO	3° POZO	4° POZO	Unidad de medida
pH	6,79	7,02	6,76	6,67	pH
temperatura	14,00	14,00	14,00	14,00	°C
conductividad Eléctrica	110,00	97,80	105,90	117,70	uS/cm

**Fuente:** Datos de laboratorio Anexo 02 y panel fotográfico Anexo 04

Según la tabla 2, muestra los resultados obtenidos en el análisis de los parámetros físico-químicos del agua de los cuatro pozos revelan características importantes respecto al pH, temperatura y conductividad eléctrica, por lo que estos parámetros son cruciales para evaluar la calidad del agua y su idoneidad para diferentes usos, como el consumo humano, la agricultura y otros usos industriales o recreativos.

Los valores de pH obtenidos (Anexo 02), para los pozos varían entre 6,67 y 7,02, situándose en un rango ligeramente ácido a casi neutro. Este rango de pH es generalmente aceptable para el consumo humano y no debería representar un riesgo para la salud, cumpliendo con las normativas que permiten un rango de pH entre 6,5 y 8,5. La leve acidez del agua podría influir mínimamente en la solubilidad de ciertos minerales, pero dentro de este rango, el impacto en la calidad del agua es considerado insignificante para la mayoría de los usos.

La temperatura del agua se mantiene constante a 14 °C en todos los pozos evaluados, lo cual sugiere que las condiciones del acuífero subterráneo son estables, donde la

temperatura en este rango es típica para aguas subterráneas y no indica ninguna anomalía que pudiera afectar negativamente la calidad del agua o la vida acuática en caso de descargas al ambiente natural. La conductividad eléctrica muestra una ligera variabilidad entre los pozos, con valores que oscilan entre 97,80 y 117,70 uS/cm. Estos valores indican una baja concentración de sales disueltas en el agua, lo que sugiere que el agua es relativamente fresca y de buena calidad para la mayoría de los usos.

En comparación con los valores reportados por Astudillo (2023), que son significativamente más altos (1083-1096 uS/cm) debido al origen termal del agua analizada, el agua de los pozos evaluados en este estudio muestra una mineralización mucho menor, lo que la hace adecuada para un rango más amplio de usos, incluido el consumo humano, sin necesidad de tratamientos adicionales para reducir la salinidad.

Comparación con los resultados de Astudillo (2023), donde la alta conductividad eléctrica refleja una mayor mineralización típica de aguas termales, nuestros hallazgos indican que el agua de los pozos posee características físico-químicas que cumplen con los estándares de calidad para el consumo y otros usos. Esta diferencia subraya la importancia de considerar el origen y las características geológicas específicas del recurso hídrico al evaluar su calidad y aplicabilidad.

Al comparar entre ambos estudios resalta cómo factores como el origen geológico del agua pueden influir significativamente en su composición fisicoquímica, mientras que el agua de los pozos presenta una calidad físico-química que facilita su uso para el consumo humano y la agricultura, el agua termal estudiada por Astudillo (2023), podría requerir consideraciones específicas para su uso, dada su mayor mineralización, por lo que se enfatiza la necesidad de un monitoreo continuo y una evaluación detallada de los parámetros físico-químicos del agua para garantizar su calidad y seguridad para los diversos usos previstos, teniendo en cuenta las variaciones que pueden surgir de diferencias en el origen y las características del agua.

**Tabla 03:** Parámetros químicos del agua

<b>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</b>	<b>1° POZO</b>	<b>2° POZO</b>	<b>3° POZO</b>	<b>4° POZO</b>	<b>Unidad de medida</b>
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	45,64	46,00	59,68	53,68	mg/L
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	49,55	49,97	50,93	55,07	mg/L
Cloruro de Cl	57,38	46,39	33,39	33,79	mg/L
Fósforo total	0,30	0,44	0,15	0,28	mg/L
Calcio como Ca**	12,74	15,49	12,05	14,45	mg/L
Sulfatos como SO <sub>4</sub>	18,00	14,00	12,40	16,40	mg/L
Magnesio como Mg**	3,35	1,77	7,18	4,27	mg/L
Sólidos Totales disueltos	51,10	48,30	53,00	58,80	mg/L
Porcentaje de salinidad	0,10	0,00	0,10	0,10	mg/L
DQO	71,63	78,45	105,74	102,33	mg/L
BDO	5,00	5,00	40,29	41,32	mg/L
Oxígeno disuelto	6,23	5,15	4,28	5,54	mg/L
como NO <sub>3</sub>	26,10	22,30	22,20	22,70	mg/L
Turbidez	1,32	0,51	1,98	0,50	NTU

**Fuente:** Datos de laboratorio Anexo 02 y panel fotográfico Anexo 04

Según la tabla 3, que evidencia los resultados obtenidos del anexo 02, para los parámetros químicos del agua en los cuatro pozos analizados muestran ciertas variaciones, especialmente en términos de dureza total, alcalinidad, cloruro y sulfato. Las



diferencias en estos parámetros pueden atribuirse a la geología del subsuelo y a la posible influencia de actividades humanas que varían entre las localizaciones de los pozos.

En comparación con los datos de Guevara & Murcia (2021), para el primer punto se nota que los valores referente a la alcalinidad total como  $\text{CaCO}_3$  son menores en nuestros pozos, lo que podría indicar una menor capacidad de neutralización de ácidos y una mayor susceptibilidad a cambios en el pH, sin embargo, la alcalinidad en ambos estudios se mantiene dentro de los estándares aceptables, lo que es positivo para la estabilidad del pH y la prevención de la corrosión en los sistemas de distribución de agua.

La dureza total del agua en nuestros pozos es considerablemente más baja en comparación con el aljibe estudiado por Guevara & Murcia (2021), donde la dureza excede el valor máximo aceptable de 500 mg/L como  $\text{CaCO}_3$ , una dureza más baja es beneficiosa para usos domésticos e industriales, ya que minimiza los problemas de acumulación de sarro y eficiencia de los detergentes.

Los cloruros en nuestros pozos presentan una concentración variable pero generalmente más alta que la del aljibe de Guevara & Murcia (2021), aunque dentro de límites aceptables para el consumo humano, valores más altos podrían indicar influencias antropogénicas, como la contaminación por aguas residuales o agrícolas.

Además, observamos que los valores de la Demanda Química de Oxígeno y la Bioquímica de Oxígeno en dos investigados como los pozos 3 y 4, son elevados en comparación con los valores aceptables, similar a lo que se ve en los datos de Guevara & Murcia. Esto sugiere una carga orgánica significativa que puede estar asociada con la contaminación orgánica y podría requerir tratamiento adicional para asegurar la calidad del agua para usos específicos, la turbidez en los pozos 1 y 3 es más alta de lo deseable, lo que podría tener un impacto en la apariencia y el tratamiento del agua, aunque aún dentro de límites aceptables comparados con el aljibe de Guevara & Murcia, donde la turbidez excede el estándar.

La comparación de estos parámetros sugiere que, aunque la calidad del agua de los pozos estudiados generalmente cumple con los estándares para el consumo humano, hay variaciones que deben abordarse, las diferencias con los resultados de Guevara & Murcia (2021), resaltan la variabilidad en la calidad del agua en diferentes fuentes y la necesidad de un enfoque personalizado para el monitoreo y tratamiento del agua, lo que los resultados subrayan la importancia de realizar un seguimiento detallado y regular de los parámetros químicos del agua, adaptando las estrategias de tratamiento a las condiciones locales para garantizar que el agua sea segura para el consumo y otros usos.

#### 4.1.1.2. Parámetros fisicoquímicos del agua respecto a los ECAS

**Tabla 04:** Comparación de parámetros físicos del agua - ECAS

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>	<b>4°</b>	<b>Unidad</b>	<b>ECAS</b>
<b>S FÍSICO</b>	<b>- POZO</b>	<b>POZO</b>	<b>POZO</b>	<b>POZO</b>	<b>de</b>	
<b>QUÍMICAS</b>					<b>medida</b>	
pH	6,79	7,02	6,76	6,67	ph	6,5 – 8,5
Temperatura	14,00	14,00	14,00	14,00	°C	Δ 3
Conductividad Eléctrica	110,00	97,80	105,90	117,70	uS/cm	1 500

**Fuente:** Datos de laboratorio Anexo 02 y panel fotográfico Anexo 04

Según la tabla 04, respecto al pH que es una medida de la acidez o alcalinidad del agua. Los valores proporcionados para todos los pozos (Pozo 1: 6,79, Pozo 2: 7,02, Pozo 3: 6,76, Pozo 4: 6,67) están dentro del rango óptimo según los estándares (6,5 – 8,5). Este rango es crucial, ya que afecta la solubilidad de los minerales y la disponibilidad de nutrientes para organismos acuáticos. En este caso, los valores sugieren un agua ligeramente ácida a neutra, lo cual es aceptable para usos diversos.

La temperatura del agua es constante en todos los pozos a 14,00°C. Este resultado es positivo porque indica una estabilidad térmica, lo cual es beneficioso para la vida acuática. Además, el hecho de que no haya variación significativa (cumpliendo con  $\Delta 3$ ) es importante para mantener las condiciones biológicas adecuadas en el ecosistema acuático.

La conductividad eléctrica del agua, medida en microsiemens por centímetro (uS/cm), proporciona información sobre la concentración de sales disueltas. Todos los pozos (Pozo 1: 110,00 uS/cm, Pozo 2: 97,80 uS/cm, Pozo 3: 105,90 uS/cm, Pozo 4: 117,70 uS/cm) presentan valores por debajo del límite de 1,500 uS/cm. Esto sugiere que la salinidad del agua es adecuada para diversos usos, ya que niveles excesivamente altos podrían afectar la calidad del agua para el consumo humano y la agricultura.

Las características físico-químicas indican que los pozos analizados tienen condiciones favorables desde el punto de vista del pH, la temperatura y la conductividad eléctrica. Estos factores son esenciales para garantizar la idoneidad del agua para usos domésticos, agrícolas y ambientales. Sin embargo, es importante continuar evaluando otras características químicas y microbiológicas para obtener una imagen completa de la calidad del agua.

Las características físico-químicas indican que los pozos analizados tienen condiciones favorables desde el punto de vista del pH, la temperatura y la conductividad eléctrica. Estos factores son esenciales para garantizar la idoneidad del agua para usos domésticos, agrícolas y ambientales. Al comparar los resultados de los pozos con los estándares establecidos en el D.S. N°004-2017-MINAM (Anexo 03), y los datos proporcionados por Espinoza (2019), se observan algunas discrepancias importantes. Mientras que los valores de pH de los pozos se encuentran dentro del rango aceptable, la conductividad eléctrica en los pozos supera el límite establecido por los estándares, a diferencia del valor reportado por Espinoza (2019), para el pozo IRHS 23 grifo. Aunque varios parámetros fisicoquímicos de los pozos cumplen con los estándares, la presencia de nitritos y bacterias coliformes en el pozo IRHS 23 grifo indica una mala calidad del

agua para consumo humano, lo que resalta la necesidad de una evaluación más detallada y la implementación de medidas correctivas si es necesario.

**Tabla 05:** Comparación de parámetros químicos del agua - ECAS

<b>CARACTERÍSTICA S QUÍMICAS</b>	<b>1° POZO</b>	<b>2° POZO</b>	<b>3° POZO</b>	<b>4° POZO</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>ECAS</b>
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	45,64	46,00	59,68	53,68	mg/L	500
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	49,55	49,97	50,93	55,07	mg/L	250
Cloruro de Cl	57,38	46,39	33,39	33,79	mg/L	250
Fósforo total	0,30	0,44	0,15	0,28	mg/L	0.1
Calcio como Ca <sup>**</sup>	12,74	15,49	12,05	14,45	mg/L	500
Sulfatos como SO <sub>4</sub>	18,00	14,00	12,40	16,40	mg/L	250
Magnesio como Mg <sup>**</sup>	3,35	1,77	7,18	4,27	mg/L	50
Sólidos disueltos Totales	51,10	48,30	53,00	58,80	mg/L	1000
Porcentaje de salinidad	0,10	0,00	0,10	0,10	mg/L	<7.5
DQO	71,63	78,45	105,74	102,33	mg/L	10
BDO	5,00	5,00	40,29	41,32	mg/L	3
Oxígeno disuelto	6,23	5,15	4,28	5,54	mg/L	>=6
como NO <sub>3</sub>	26,10	22,30	22,20	22,70	mg/L	50
Turbidez	1,32	0,51	1,98	0,50	NTU	5

**Fuente:** Datos de laboratorio Anexo 02 y panel fotográfico Anexo 04

En la tabla 05, muestra resultados dentro de los estándares aceptables en varios aspectos clave, indicando que la calidad del agua es generalmente adecuada para su

uso, en particular, los valores relacionados con la dureza total, expresada como  $\text{CaCO}_3$ , se mantienen dentro del límite aceptable de 500 mg/L para todos los pozos, reflejando una concentración de minerales como calcio y magnesio en rangos óptimos para diversas aplicaciones del agua.

La alcalinidad del agua, también medida como  $\text{CaCO}_3$ , cumple con los estándares en todos los pozos, sugiriendo una capacidad adecuada del agua para resistir cambios significativos en el pH, lo cual favorece los procesos biológicos. Los niveles de cloruros están bien por debajo del límite de 250 mg/L en todos los pozos, lo que indica que no hay una preocupación por la salinidad o contaminación que podría afectar el sabor del agua y tener efectos adversos si se presentan en exceso.

Por otro lado, los niveles de fósforo se encuentran dentro de los parámetros seguros, lo cual es crucial para evitar la eutrofización y sus consecuencias negativas en los ecosistemas acuáticos. Asimismo, los valores de calcio, magnesio, sulfatos y sólidos totales disueltos se mantienen dentro de los parámetros aceptables, evidenciando que estos elementos y compuestos se encuentran en concentraciones adecuadas, importantes tanto para la salud humana como para la estabilidad química del agua.

En relación con la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (BDO), los valores exceden el límite establecido en todos los pozos, indicando una presencia significativa de materia orgánica o química que demanda oxígeno para su descomposición. Esto podría señalar una contaminación que requiere atención y potencialmente acciones correctivas. No obstante, el oxígeno disuelto y los niveles de nitratos se encuentran dentro de rangos seguros, proporcionando condiciones favorables para la vida acuática y minimizando los riesgos para la salud.

La turbidez también presenta resultados mayormente favorables, sin excepción de los pozos evaluados que no superan los parámetros recomendados, afectando potencialmente la apariencia del agua. La gestión de la calidad del agua deberá enfocarse en abordar los niveles elevados de DQO, BDO y cloruros observados, especialmente en el Pozo 1, realizando análisis adicionales y, si es necesario,

implementando medidas correctivas para asegurar la calidad del agua para todos los usos previstos.

Al comparar los resultados de los parámetros químicos del agua entre los datos recopilados por ECAS y el estudio de Espinoza (2019), se destacan discrepancias significativas que afectan la evaluación de la idoneidad del agua para el consumo humano. Mientras que los valores de dureza total y alcalinidad en los pozos analizados por ECAS se mantienen dentro de los límites aceptables, el estudio de Espinoza revela la presencia de contaminantes como nitratos, sulfatos y bacterias coliformes, indicando una calidad del agua que no es adecuada para el consumo humano, a pesar de que otros parámetros pueden estar dentro de los estándares. Esta discrepancia subraya la importancia de considerar tanto los aspectos fisicoquímicos como microbiológicos en la evaluación de la calidad del agua para garantizar su seguridad para el consumo humano. Por otro lado, los resultados muestran que los niveles de cloruro y sulfatos varían entre los pozos en ambos conjuntos de datos, y los valores obtenidos cumplen con los límites establecidos por la normativa de las ECAS (Anexo 03). Esto indica que no hay preocupaciones significativas sobre la calidad del agua para ciertos usos, incluido el consumo humano. Sin embargo, los niveles de fósforo total superan los límites permitidos por las ECAS, lo que podría representar un riesgo potencial de contaminación. Además, la concentración de sólidos totales disueltos en los pozos no supera el límite de 1000 mg/L establecido por las ECAS en todos los casos, lo cual es favorable. No obstante, es importante destacar que, aunque algunos niveles están dentro de los estándares, la vigilancia continua es esencial para asegurar que estas condiciones se mantengan y se minimice cualquier riesgo de contaminación futura.

#### **4.1.2. Concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los pozos de acuerdo a los ECA Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile Distrito de Ilave.**

##### **4.1.2.1. Concentración de los parámetros microbiológicos del agua**



**Tabla 06:** Parámetros microbiológicos del agua

<b>Características microbiológicas</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>	<b>4°</b>	<b>Unidad de medida</b>
bacterias coliformes totales	0,00	<1	0,00	0,00	UFC/100 ml
coliformes fecales	0,00	<1	0,00	<1	UFC/100 ml

**Fuente:** Datos de laboratorio Anexo 02 y panel fotográfico Anexo 04

Según la tabla, que muestra los resultados muestran una ausencia casi total de bacterias coliformes totales y coliformes fecales en todas las muestras de agua de los pozos, indicando un alto nivel de pureza del agua y una barrera efectiva contra la contaminación fecal, siendo esto crucial para prevenir enfermedades transmitidas por el agua, por lo que la presencia de <1 UFC/100 ml en algunas muestras sugiere un nivel muy bajo de contaminación que podría no representar un riesgo significativo para la salud pero aún merece atención.

La comparación de los resultados con los de Alcca (2023) revela diferencias significativas en la calidad microbiológica del agua, lo que plantea consideraciones importantes tanto para la salud pública como para los enfoques metodológicos utilizados en las pruebas de calidad del agua, muestra la presencia de contaminación microbiana, incluida la presencia de *Escherichia coli* en algunos puntos de muestreo, lo que sugiere un riesgo para la salud pública que necesita acción inmediata. La presencia de *E. coli* es un indicador definitivo de contaminación fecal, lo que representa un riesgo significativo de transmisión de enfermedades.



#### 4.1.2.1. Parámetros microbiológicos del agua respecto a los ECAS

**Tabla 07:** Comparación parámetros microbiológicos del agua - ECAS

<b>Características microbiológico</b>	<b>1° POZO</b>	<b>2° POZO</b>	<b>3° POZO</b>	<b>4° POZO</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>ECAS</b>
bacterias coliformes totales	0,00	<1	0,00	0,00	UFC/100ml	50
coliformes fecales	0,00	<1	0,00	<1	UFC/100 ml	0

**Fuente:** Datos de laboratorio Anexo 02 y panel fotográfico Anexo 04

En la tabla los resultados muestran una ausencia o niveles extremadamente bajos de bacterias coliformes totales y coliformes fecales en todas las muestras de agua de los pozos, con valores que oscilan entre 0,00 UFC/100 ml y <1 UFC/100 ml. Estos datos sugieren que el agua de los pozos analizados es microbiológicamente segura para el consumo humano, destacando un control efectivo sobre la contaminación fecal y un riesgo mínimo de presencia de patógenos transmitidos por el agua.

En comparación directa entre los resultados obtenidos en el estudio propio y los presentados por Alcca (2023) refleja una notable diferencia en la concentración de parámetros microbiológicos en las muestras de agua, evidenciando variaciones significativas en la calidad del agua entre los distintos puntos de muestreo.

Por otro lado, Alcca (2023) identifica en su estudio niveles preocupantes de coliformes totales y *Escherichia coli* en varios puntos de muestreo, superando los límites aceptables definidos por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Específicamente, se reportan concentraciones que exceden los estándares para coliformes totales (1300 NMP/100 ml) y *Escherichia coli* en determinados puntos, indicando una calidad de agua insuficiente y un riesgo potencial para la salud pública debido a la contaminación fecal.

## 4.2. CALIDAD DEL AGUA

**Tabla 08:** Calidad del agua respecto a los parámetros físicos

CARACTERÍSTICAS	1° POZO	2° POZO	3° POZO	4° POZO
<b>FÍSICO - QUÍMICAS</b>				
pH	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Temperatura	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Conductividad Eléctrica	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

**Fuente:** Resultados de laboratorio anexo 02 y DS 004-2017-MINAM anexo 03

Según la tabla 8, los resultados proporcionados, todos los pozos cumplen con los estándares de calidad de agua establecidos para las características físico-químicas medidas, incluyendo pH, temperatura y conductividad eléctrica. Estos resultados sugieren que el agua en estos pozos es aceptable desde el punto de vista de estas características específicas. Sin embargo, es importante señalar que esta interpretación se basa únicamente en la información proporcionada y podría ser necesario considerar otros parámetros o realizar análisis más detallados para obtener una evaluación completa de la calidad del agua.

**Tabla 09:** Calidad del agua respecto a los parámetros químicos

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>1° POZO</b>	<b>2° POZO</b>	<b>3° POZO</b>	<b>4° POZO</b>
<b>QUÍMICAS</b>				
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Cloruro de Cl	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Fósforo total	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Calcio como Ca <sup>**</sup>	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Sulfatos como SO <sub>4</sub>	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Magnesio como Mg <sup>**</sup>	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Sólidos Totales disueltos	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Porcentaje de salinidad	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
DQO	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
BDO	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Oxígeno disuelto	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
como NO <sub>3</sub>	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Turbidez	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

**Fuente:** Resultados de laboratorio anexo 02 y DS 004-2017-MINAM anexo 03

En la tabla 09, se observa una adecuación general a los resultados son aceptables en varios parámetros evaluados en el agua de los pozos. La dureza total, medida como

CaCO<sub>3</sub>, se encuentra dentro de los límites aceptables en todos los pozos, lo que refleja una concentración de minerales de calcio y magnesio apropiada. Asimismo, la alcalinidad, también expresada como CaCO<sub>3</sub>, cumple con los estándares en todos los casos, indicando que el agua posee la capacidad necesaria para neutralizar ácidos dentro de los rangos recomendados. En cuanto a los niveles de cloruro, estos se mantienen dentro de los límites establecidos (250 mg/L), contrariamente a lo indicado anteriormente. Los niveles de fósforo también se mantienen dentro de los límites aceptables, contribuyendo positivamente a prevenir problemas como la eutrofización.

En cuanto a calcio, magnesio, sulfatos, sólidos totales disueltos y salinidad, todos los pozos presentan niveles que cumplen con los estándares, asegurando que estos elementos y compuestos se mantengan dentro de los niveles apropiados. No obstante, la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (BDO) exceden los límites aceptables en todos los pozos, lo que implica una elevada presencia de materia orgánica o química que demanda oxígeno para su descomposición, señalando posibles focos de contaminación. Afortunadamente, el nivel de oxígeno disuelto se encuentra dentro de los parámetros seguros en todos los pozos, favorable para la vida acuática. Igualmente, los niveles de nitratos están dentro de los límites seguros, aspecto crucial para prevenir riesgos a la salud. La turbidez, por otro lado, tampoco supera los límites recomendados en los pozos pero el pozo 4 cumple con el estándar, lo que podría afectar la apariencia y calidad del agua en los primeros tres pozos.

**Tabla 10:** Calidad del agua de los parámetros microbiológicos

<b>Características</b>	<b>1° POZO</b>	<b>2° POZO</b>	<b>3° POZO</b>	<b>4° POZO</b>
bacterias coliformes totales	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
coliformes fecales	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

**Fuente:** Resultados de laboratorio anexo 02 y DS 004-2017-MINAM anexo 03

Según la tabla 10, todos los pozos cumplen con los estándares en cuanto a la presencia de bacterias coliformes totales. Estos organismos son indicadores comunes de contaminación fecal y su presencia puede sugerir la posible existencia de contaminantes patógenos en el agua.

Todos los pozos cumplen con los estándares en cuanto a la presencia de coliformes fecales. Aunque los coliformes totales son indicadores generales de contaminación, la presencia de coliformes fecales específicamente indica la posible contaminación de origen fecal y la presencia potencial de patógenos asociados.

Los resultados indican que, en términos microbiológicos, los cuatro pozos cumplen con los estándares establecidos para la ausencia de bacterias coliformes totales y coliformes fecales. Sin embargo, es importante destacar que, aunque estos indicadores son útiles para evaluar la calidad microbiológica del agua, su ausencia no garantiza la ausencia de otros patógenos potenciales. Es recomendable continuar monitoreando regularmente la calidad microbiológica del agua y tomar medidas preventivas para asegurar la seguridad del suministro de agua.

### **Hipótesis general**

La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos no cumplen con la normativa establecida en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, en el centro poblado de Vilcachile, Ilave 2023.

**Tabla 11:** Hipótesis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

<b>Estadísticos de prueba</b>	<b>Físico-químico microbiológico</b>
U de Mann-Whitney	19,000
W de Wilcoxon	139,000
Z	-1,100
Sig. asintótica	0,271
Significación exacta	0,307
a. Variable de agrupación	ECAS
b. No corregido para empates.	

Con base en su hipótesis general, las hipótesis se formularon de la siguiente manera:

**Hipótesis Nula H<sub>0</sub>.**- Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos en el centro poblado de Vilcachile, Ilave 2023, cumplen con los estándares establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

**Hipótesis Alternativa H<sub>a</sub>.**- Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos en el centro poblado de Vilcachile, Ilave 2023, no cumplen con los estándares establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

En la tabla se presentan los resultados de las pruebas estadísticas U de Mann-Whitney, W de Wilcoxon, y Z, junto con sus significancias asociadas.

La significancia asintótica bilateral de 0,271 y la significación exacta [2\*(sig. unilateral)] de 0,307 superan el umbral típico de 0,05, lo que sugiere que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Esto implica que, según los datos analizados, no se puede afirmar con una confianza del 95% que las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el agua de los pozos sean significativamente diferentes de los estándares establecidos en el decreto.

Estos resultados sugieren que no hay una diferencia significativa entre las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos en comparación con la normativa establecida en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. En otras palabras, no se puede concluir que los parámetros analizados incumplen de manera significativa con los estándares establecidos por la normativa vigente en el centro poblado de Vilcachile, Ilave 2023, según la información proporcionada.

### Hipótesis específica 1

La concentración de los parámetros físico-químicos del agua de los pozos no cumple con los ECA según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile Distrito de Ilave, 2023.

**Tabla 12:** La hipótesis específica acerca de los parámetros físico-químico

Estadísticos de prueba	Parámetros físico-químicos
U de Mann-Whitney	15,000
W de Wilcoxon	70,000
Z	-7,707
Sig. asintótica (bilateral)	0.480
Significación exacta	0.539b

a. Variable de agrupación: ECAS

b. No corregido para empates.

**Hipótesis Nula H0.-** La concentración de los parámetros físico-químicos del agua de los pozos cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile, Distrito de Ilave, en el año 2023.

**Hipótesis Alternativa Ha.-** La concentración de los parámetros físico-químicos del agua de los pozos no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) según el Decreto



Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile, Distrito de Ilave, en el año 2023.

La tabla presenta los resultados de las pruebas estadísticas U de Mann-Whitney y W de Wilcoxon, con valores de 15,000 y 70,000 respectivamente, y un valor de Z de -7,707. La significancia asintótica (bilateral) reportada es de 0,480, y la significación exacta (unilateral) es de 0,539.

Estos valores indican que las diferencias observadas en las concentraciones de parámetros físico-químicos en el agua de los pozos respecto a los ECA establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM no son estadísticamente significativas al nivel convencional del 5% (0,05).

La significancia asintótica y la significación exacta superan el umbral de 0.05, sugiriendo la ausencia de evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, no se puede afirmar con una confianza del 95% que las concentraciones de parámetros físico-químicos del agua de los pozos difieran significativamente de los Estándares de Calidad Ambiental especificados en el Decreto Supremo mencionado para el centro poblado de Vilcachile, Distrito de Ilave, en el año 2023.

Estos resultados sugieren que no hay una diferencia significativa entre las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos del agua de los pozos en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. En otras palabras, no se puede concluir que los parámetros fisicoquímicos analizados incumplen de manera significativa con los estándares establecidos por la normativa vigente en el centro poblado de Vilcachile, Distrito de Ilave, en el año 2023, según la información proporcionada.

### **Hipótesis específica 2**

La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los pozos no cumplen con los ECA según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile Distrito de Ilave, 2023.

**Tabla 13:** La hipótesis específica acerca de los parámetros microbiológicos

	Prueba Mann-Whitney		Rangos		
	ECAS	N°	Rango promedio	Suma	de rangos
Parámetro microbiológicos	Cumple	2	1,50	3,00	
	No Cumple	0	0,00	0,00	
	Total	2			

**Hipótesis Nula H0.-** La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los pozos cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile, Distrito de Ilave, en el año 2023.

**Hipótesis Alternativa Ha.-** La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los pozos no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile, Distrito de Ilave, en el año 2023.

La Tabla 13 indica que se realizó una Prueba de Mann-Whitney para evaluar las diferencias entre dos grupos: aquellos que cumplen y aquellos que no cumplen con los ECA según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Sin embargo, la tabla muestra que no hubo datos que no cumplieran con los ECA, es decir, todos los datos analizados indican cumplimiento.

Dado que todos los datos analizados sobre los parámetros microbiológicos cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental, no existe base estadística para apoyar la hipótesis alternativa. Por ende, la hipótesis nula no se rechaza y se concluye que, basado en el análisis realizado, no hay evidencia para afirmar que las concentraciones de los parámetros microbiológicos del agua de los pozos en el centro poblado de Vilcachile,

Distrito de Ilave, en el año 2023, no cumplen con los ECA establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** La evaluación de la calidad del agua en los pozos de Vilcachile en llave confirma que los parámetros físico-químicos y microbiológicos que han sido evaluados se encuentran acordes al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Los resultados indican que el pH de los pozos varía entre 6.67 y 7.02, la temperatura es constante a 14.00°C y la conductividad eléctrica varía entre 97.80 uS/cm y 117.70 uS/c, en cuanto a la hipótesis planteado se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

**SEGUNDA:** La evaluación realizada de la calidad del agua de los pozos de Vilcachile en llave evidencia que los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), a excepción de las concentraciones la DQO presenta valores entre 71.63 mg/L y 105.74 mg/L, la DBO varía entre 5.00 mg/L y 41.32 mg/L y el fósforo total entre 0.15 mg/L y 0.44 mg/L. Según los resultados obtenidos se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

**TERCERA:** Los resultados muestran una ausencia de bacterias coliformes totales y coliformes fecales en todas las muestras de agua de los pozos, con valores de 0.00 UFC/100 ml y <1 UFC/100 ml respectivamente, lo que significa que es apto para consumo humano, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** A la ANA (Autoridad Nacional del Agua), Municipio y Gobierno Regional implementar un programa continuo de monitoreo y evaluación de la calidad del agua, incluyendo análisis periódicos de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Esto permitirá detectar cambios en las condiciones del agua y responder de manera preventiva ante desviaciones de los estándares. Además, se sugiere lanzar campañas de concienciación comunitaria para promover el uso sostenible y responsable del agua. La participación comunitaria activa es crucial para fortalecer los esfuerzos de preservación de la calidad del agua y asegurar su sostenibilidad a largo plazo en Vilcachile.

**SEGUNDA:** A la ANA (Autoridad Nacional del Agua), Municipio y Gobierno Regional, a implementar medidas correctivas para abordar los elevados niveles de DQO y BDO, fósforo y el oxígeno disuelto fuera de los estándares en Vilcachile. Es crucial realizar análisis detallados para identificar la fuente de contaminación y aplicar tratamientos de agua eficaces. Simultáneamente, se deben adoptar prácticas de gestión ambiental para mitigar impactos a largo plazo y asegurar la calidad del agua conforme a los estándares ambientales, preservando así la salud comunitaria y la sostenibilidad del recurso.

**TERCERA:** A la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Municipio y gobierno regional, a implementar un programa de monitoreo continuo enfocado en parámetros microbiológicos, incluyendo análisis regulares de bacterias coliformes totales y fecales para detectar cambios en la calidad del agua. Además, se recomienda promover campañas de concienciación para fomentar prácticas responsables de gestión del agua y la participación comunitaria en la preservación de la calidad del recurso. Este enfoque

combinado ayudará a mantener la calidad del agua en niveles óptimos y asegurar la salud y seguridad de la comunidad de Vilcachile a largo plazo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcca, B. (2023). Calidad de agua para consumo humano de los manantiales Quipata-Totorpujo, Plaza, Estadio y Jajaquejihuata Distrito de Platería-Puno 2022 [Universidad Privada San Carlos-Puno]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4523>
- Alcivar, J., Mariscal, W., Sorroza, N., Villacres, R., Garcia, F., & Mariscal, R. (2017). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos. Dominio de Las Ciencias, 3(4), 1044–1059. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6325501>
- Astudillo, P. (2022). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua termal del balneario La Merced Pichincha, Ecuador del año 2022. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/30154>
- Aveiga, A., Noles, P., De la Cruz, A., Peñarrieta, F., & Alcántara, F. (2019). Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí ( Variations of the water quality of the Carrizal River in Manabi ). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 30–41. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v10n3/1390-6542-enfoqueute-10-03-00030.pdf>
- Callo, L., & Coyla, H. (2019). Evaluación de la influencia de las letrinas sobre parámetros microbiológicos de pozos artesanales de aguas para consumo humano de la Comunidad de Mucra I, del distrito de San Miguel–Provincia de San Román, Región Puno. [Universidad Peruana Unión]. [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2739/Liz\\_trabajo\\_Bachelor\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2739/Liz_trabajo_Bachelor_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Camacho, L. (2019). La paradoja de la disponibilidad de agua de mala calidad en el sector rural Colombiano. Revista de Ingeniería, 38–51. <https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/rdi/article/view/7489/7889>
- Cardoso, D., & Ramirez, J. (2021). Propuesta De Un Sistema De Potabilización De



- Aguas Subterráneas, Caso De Estudio Pozo Finca El Arbolito-Ubicado En La Vereda Caimanera En El Municipio De El Espinal-Tolima Teniendo En Cuenta La Caracterización Física, Química Y Microbiológica. [Universidad Piloto De Colombia]. In Conocimiento del papel. Hacia una historia mediática de los documentos. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10116>
- Cano, Y. G. (2023). Colombia Yesenia González Cano Trabajo de grado presentado para optar al título de Ecológico de Zonas Costeras Asesor Carlos Arturo Orrego Montoya , Magíster ( MSc ) en Ingeniería Ambiental Universidad de Antioquia Corporación Académica Ambiental Ecología [Universidad de Antioquia]. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/37357/8/GonzalezYesenia\\_2023\\_CalidadAguaSubterranea.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/37357/8/GonzalezYesenia_2023_CalidadAguaSubterranea.pdf)
- Cardoso, D., & Ramirez, J. (2021). Propuesta De Un Sistema De Potabilización De Aguas Subterráneas, Caso De Estudio Pozo Finca El Arbolito-Ubicado En La Vereda Caimanera En El Municipio De El Espinal-Tolima Teniendo En Cuenta La Caracterización Física, Química Y Microbiológica. [Universidad Piloto de Colombia]. In Conocimiento del papel. Hacia una historia mediática de los documentos. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10116>
- Ccama, K., & Cruz, Y. (2023). Determinación de enterobacterias en las aguas de los pozos a y b de la irrigación san camilo, Arequipa-2022 [Universidad Privada Autónoma del Sur]. <http://portal-academico.upads.edu.pe/handle/UPADS/373>
- Chimborazo, M. (2011). Efecto de escalado y molienda en las capacidades de Absorción y Retención de Agua en la Fibra Dietética de Naranja (cirrus sincensis) [Universidad Técnica de Ambato]. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/837/1/AL457 Ref. 3350.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/837/1/AL457%20Ref.%203350.pdf)
- Choque, P. (2021). Determinación de valores físicos y químicos en el manantial unkuñani, según la normativa vigente en el barrio alto Huascar Puno 2020 [Universidad Privada San Carlos-Puno]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC.S.A.C./239>

- Cid, A., & Araújo, R. (2011). Control de calidad fisicoquímico del agua. Editorial Paraninfo.
- Cifuentes, E., Hermosilla, G., & Soto, C. (2012). Calidad microbiológica del agua de consumo humano. *Revista médica de Chile*, 140(4), 542-548.
- Delgado, J. (2012). Las moléculas de agua, la química y la vida. *Anales de La Real Sociedad Española de Química*, 2(108), 100–105.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3958691>
- Díaz, H. (2021). Caracterización de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua de consumo humano, procedente del pozo tubular en el asentamiento humano Alan Sisley, distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo – Ucayali, 2021. Universidad Nacional de Ucayali.  
[http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4898/B69\\_UNU\\_AMBIENTAL\\_2021\\_T\\_HENRY-DIAZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4898/B69_UNU_AMBIENTAL_2021_T_HENRY-DIAZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Escalante, G., & Paredes, L. (2012). Control fisicoquímico del agua. En *Manual de microbiología clínica* (pp. 47-68). Ediciones Journal.
- Escandón, C., & Cáceres, M. (2022). Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo [Universidad Politécnica Salesiana].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21649/1/UPS-CT009509.pdf>
- Espinoza, P. del R. (2019). Determinación del índice de calidad ambiental de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, Distrito la Tinguiña, Ica-2019. 140. <https://hdl.handle.net/11537/22316>
- Eustaquio, J. (2019). Propiedades del agua [Universidad Nacional de Trujillo].  
<https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/49210966-3a03-42c5-9a25-2cb930f95d02/content>
- Faviel, E., Infante, D., & Molina, D. (2019). Percepción y calidad de agua en comunidades rurales del área natural protegida la encrucijada, chiapas, méxico. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 35(2), 317–334.

<https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.02.05>

Figueroa, B., & Reyes, C. (2022). Evaluación físico química y microbiológica de la calidad del agua para consumo humano en tres sectores del Cantón Durán [Universidad de Guayaquil].

<https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/70a50dee-a553-4781-b63c-30901cafe570/content>

Fonseca, A., Madrigal, H., Nuñez, C., Calderón, H., Moraga, G., & Gómez, A. (2019). Evaluación de la amenaza de contaminación al agua subterránea y a áreas de protección a manantiales en las subcuencas Maravilla-Chiz y Quebrada. UNICIENCIA, 33, 76–97.

<https://www.scielo.sa.cr/pdf/uniciencia/v33n2/2215-3470-Uniciencia-33-02-76.pdf>

Fustamante, F. (2020). Evaluación del comportamiento de los parámetros físico-químicos y microbiológicos para determinar la calidad de agua de categoría III en la quebrada “San Mateo” - distrito de Chota, 2019 [Universidad Nacional Autónoma de Chota]. [http://185.209.223.160/bitstream/handle/20.500.14142/138/INFORME DE TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://185.209.223.160/bitstream/handle/20.500.14142/138/INFORME_DE_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Gracia, M., & Figueras, M. J. (2015). Microbiología del agua. En Manual de bacteriología clínica (pp. 405-421). Editorial Médica Panamericana.

Grondona, S., Massone, H., Gonzales, M., & Bedmar, F. (2022). Evaluación del peligro de contaminación del agua subterránea en áreas agrícolas. Rev. Int. Contam. Ambie, 111–125.

<https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v38/0188-4999-rica-38-54194.pdf>

Guevara, J., & Murcia, E. (2021). Análisis de caracterización, diseño y construcción de un prototipo para el tratamiento de aguas subterráneas en el municipio de Agua de Dios Cundinamarca. [Universidad Piloto de Colombia].

<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10499>

Gutiérrez, M., & Arroyo, G. (2014). Análisis químico del agua. En Fundamentos de química (pp. 349-375). Pearson Educación.

- Hernández, U., Pinedo, J., Paternina, R., & Marrugo, J. L. (2021). Evaluación de calidad del agua en la Quebrada Jui , afluente del río Sinú , Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 1, 1–10. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v24n1/0123-4226-rudca-24-01-e1678.pdf>
- Hidalgo, F. J. (2005). *Análisis fisicoquímico del agua*. Universidad de Valencia.
- ISO (Organización Internacional de Normalización). (2017). *ISO 6222:2017. Microbiología de aguas. Recuento de colonias a 37 grados Celsius por el método de la membrana de filtración*. ISO.
- Kurt, Z., Coatney, J., & Silvera, T. (2021). Calidad del agua y posibles tecnologías de tratamiento en las áreas urbanas de Colón , Panamá : Agua Colón Resumen. XVIII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología (APANAC 2021) Congreso, Apanac, 23–25. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/apanac/article/view/3181/3801>
- López, C., Morales, R., & Partida, O. (2011). Microbiología del agua y alimentos. En *Microbiología y parasitología humana* (pp. 537-555). Médica Panamericana.
- Mamani, R. (2022). Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas de los manantiales Huayllani y Occororo Pujo para consumo humano en la Comunidad Añavile Distrito Cabana-San Roman-Puno-2021 [Universidad Privada San Carlos-Puno]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC S.A.C./236>
- Mazari, M., Martínez, A., & Partida, O. (2007). Evaluación microbiológica del agua. En *Microbiología clínica* (pp. 759-771). McGraw-Hill Interamericana.
- Marinero, E., Vargas, J., & Geles, T. (2015). El agua como recurso esencial para la vida y el cual hay que garantizar su sostenibilidad ante la adversidad del cambio climático. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 18. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v1i2.2482>
- Mejía, L. M., Zelada, M. E., Torres, L. A., & Cuse, J. (2021). Análisis microbiológico del agua de consumo humano del Centro Poblado Pachapiriana, Provincia de Jaén, Perú. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 4(2), 66. <https://doi.org/10.25127/ucni.v4i2.729>

- Neri, J. (2020). 16 los permisos negociables y agua: ¿posible uso? Universidade Do Vale Do Itajaí, 215–223.
- Müller, T. & Rempel, C., (2018). Quality of bovine milk produced in Brazil – physical-chemical and microbiological parameters: an integrative review. Redalyc. <https://www.redalyc.org/journal/5705/570569953016/570569953016.pdf>
- Nascimento L., Amélia R.; Barbosa C., Beserra O., Tharcia K., Dutra A., Henriques V, Silvana; Cunha S., Tamires C, Ticianne S., Mayra D., (2019). Caracterização Físico - Química e Microbiológica de Biscoitos Confeccionados com Farinha de Resíduos de Frutas. Redalyc. <https://www.redalyc.org/journal/5606/560662202019/560662202019.pdf>
- Olmedo, D., & Borja, X. (2023). Estudio de parámetros físicos y químicos para evaluar la capacidad de autodepuración del río el cinto, ubicado en la parroquia Lloa, Cantón Quito, Provincia de Pichincha [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24418/1/TTS1193.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2012). Directrices para la calidad del agua potable. Organización Mundial de la Salud.
- Pino, S., Sisalema, L., & Barros, D. (2020). Los costos de la salud y la calidad del agua en el Estero Salado de la ciudad de Guayaquil-Ecuador The costs of health and water quality in the Estero Salado of the city of Guayaquil. Revista Espacios, 19, 154–165. <https://w.revistaespacios.com/a20v41n19/a20v41n19p11.pdf>
- Prato, J., Millán, F., Prada, C., Tana, C., Prado, L., Lucena, M., Ríos, G., & González, L. (2020). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de aguas subterráneas de un sector rural a baja altitud en Los Andes venezolanos Physicochemical and microbiological characterization of groundwater wells of a rural sector located at low al. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3861081>
- Queralt, N., Ramón, F., & Cortina, J. L. (2013). Calidad del agua para consumo humano: análisis de indicadores microbiológicos y físico-químicos. In Técnicas analíticas en aguas (pp. 219-253). Editorial UOC.

- Rivera, Ú., Saturnino, J., & Dallatorre, D. (2018). La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura e infiltration of water into the soils and artificial components and organic matter that are used in them for agriculture. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 889–894. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941754001/3941754001.pdf>
- Rizo, T (2004). *Pedagogical Introduction to Extra Dimensions*. SLAC, Stanford, CA 94025, USA. <https://doi.org/10.2172/833088>
- Rodriguez, P., & Malca, A. (2022). Diseño de una máquina perforadora de bajo costo para excavación de pozos de agua en la provincia de San Marcos [Universidad César Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/99997/Rodriguez\\_PPS-Malca\\_QAR-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/99997/Rodriguez_PPS-Malca_QAR-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Rojas, K. V., & Altamirano, M. (2021). Informar a los pobladores de El Descanso (Breña Tres), sobre la calidad física, química y microbiológica de sus fuentes de agua, Nandaime, Granada, 2016. *Revista Torreón Universitario*, 10(28), 140–151. <https://doi.org/10.5377/rtu.v10i28.11533>
- Rojas, L. F., & Brenes, R. (2005). El agua : sus propiedades y su importancia biológica. 167–196. <http://revista.uaca.ac.cr/index.php/actas/article/view/407/421>
- Segovia, Y., & Álvarez, A. (2020). Sostenibilidad : accesibilidad , infraestructura y calidad del agua en Colinas de Pilar , Paraguay Sustainability : Water Accessibility , Infrastructure and Quality in Colinas de Pilar , Paraguay. *Red de Revistas Científicas de América Latina y El Caribe, España y Portugal Proyecto*. <https://www.redalyc.org/journal/3768/376865021009/376865021009.pdf>
- Silvera, T. Grey, A. Zohre, K. Coatney, J. (2021). Estudio para Determinar la Calidad del Agua de Pozo, Mediante los Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos en la Comunidad de Miramar, Provincia de Colón. XVIII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología (APANAC 2021). Panamá.



<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/apanac/article/view/3189/3810>

Vilca, U. (2022). Características microbiológicas de los pozos de agua subterráneas en el consumo humano de la urbanización villa las Palmeras Chilla – Juliaca, 2021 (Vol. 1) [Universidad Privada San Carlos-Puno].  
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC S.A.C./146>

Villareal, S., Martínez, J., & Donís, F. (2021). Cálculo y selección del equipo de bombeo en la extracción de agua dura de pozo para una planta purificadora de agua potable. Humanidades, Tecnología y Ciencia, Del Instituto Politécnico Nacional, 1–8.

[https://revistaelectronica-ipn.org/ResourcesFiles/Contenido/26/TECNOLOGIA\\_26\\_01021.pdf](https://revistaelectronica-ipn.org/ResourcesFiles/Contenido/26/TECNOLOGIA_26_01021.pdf)



## ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

**CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE POZOS DEL CENTRO POBLADO DE VILCACHILE, ILAVE, 2023.**

Problema General	Objetivos General	Hipótesis General	VARIABLES	Indicadores	Instrumentos	Técnicas De Recolección De Datos
PG: ¿Cuál será la concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos del centro poblado de Vilcachile, Ilave, 2023?	OG: Evaluar la concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos para el consumo humano en el centro poblado de Vilcachile, Ilave, 2023.	HG: La concentración de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos no cumplen con la normativa establecida en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, en el centro poblado de Vilcachile, Ilave 2023.	VI: Parámetros -físico -químicos - microbiológicos	- Temperatura, pH, conductividad Dureza total como CaCO3 Alcalinidad como CaCO3 Cloruro de Cl Fósforo total Calcio como Ca** Sulfatos como SO4 Magnesio como Mg** Sólidos Totales disueltos Porcentaje de salinidad DQO BDO Oxígeno disuelto como NO3 Turbidez Microbiológicos Coliformes totales y fecales	Análisis de laboratorio	Diseño de investigación no experimental tipo descriptivo Población: 30 pozos Muestra: 4 pozos Estadística Descriptiva

<p>PE1: ¿Cuál es la concentración de los parámetros físico-químicos del agua de los pozos en el centro poblado de Vilcachile Distrito de Ilave, 2023?</p>	<p>OE1: Determinar la concentración de los parámetros físico-químicos del agua de los pozos de acuerdo al ECA del agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile Distrito de Ilave.</p>	<p>HE1: La concentración de los parámetros físico-químicos del agua de los pozos no cumplen con el ECA según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile Distrito de Ilave, 2023.</p>	<p>VD: Calidad de agua</p>	<p>ECA de agua</p>		
<p>PE2: ¿Cuál es la concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los pozos en el centro poblado de Vilcachile Distrito de Ilave, 2023?</p>	<p>OE2: Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los pozos de acuerdo al ECA del agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile Distrito de Ilave.</p>	<p>HE2: La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los pozos no cumple con el Variable ECA según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el centro poblado de Vilcachile Distrito de Ilave, 2023.</p>				

Anexo 02: Resultados de laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**



---

FIQ Nro **LQ-2023**

Nº **002363**

## Certificado de Análisis

**ASUNTO:** Análisis Físico Químico y Microbiológico de AGUAS: VILCACHILE P-1

**PROCEDENCIA** : VILCACHILE, ILAVE - EL COLLAO  
**INTERESADO** : KRISTEL YOHANA ESCOBAR MOLINA  
**MOTIVO** : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA DE POZO  
**MUESTREO** : 12/09/2023, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 12/09/2023  
**F. MUESTREO** : B009-000485, B009-000487

---

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Incoloro  
**OLOR** : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

pH	:	6.79
Temperatura	:	14.00 °C
Conductividad Eléctrica	:	110.00 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Dureza Total como CaCO <sub>3</sub>	:	45.64	mg/L
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	:	49.55	mg/L
Cloruros como Cl <sup>-</sup>	:	57.38	mg/L
Fósforo total	:	0.30	mg/L
Calcio como Ca <sup>++</sup>	:	12.74	mg/L
Sulfatos como SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	:	18.00	mg/L
Magnesio como Mg <sup>++</sup>	:	3.35	mg/L
Sólidos Totales Disueltos	:	51.10	mg/L
Porcentaje de salinidad	:	0.10	mg/L
DQO	:	71.63	mg/L
BDO	:	5.00	mg/L
Oxígeno Disuelto	:	6.23	mg/L
Como NO <sub>3</sub>	:	26.10	mg/L
Turbidez	:	1.32	NTU

**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO**

Bacterias coliformes totales	:	0	UFC/100ml
Coliformes fecales	:	0	UFC/100ml

---

I - Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D. S. N° 031-2010-SA.

Puno, C.U. 19 de setiembre del 2023.

VºBº



ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - U.N.A. - C.U.P. - 112212



DECANO



DECANO FIQ - U.N.A.





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



FIQ Nro **LQ-2023**

Nº 002362

## Certificado de Análisis

**ASUNTO:** Análisis Físico Químico y Microbiológico de AGUAS: VILCACHILE P-2

PROCEDENCIA : VILCACHILE, ILAVE - EL COLLAO  
INTERESADO : KRISTEL YOHANA ESCOBAR MOLINA  
MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA DE POZO  
MUESTREO : 12/09/2023, por el interesado  
ANÁLISIS : 12/09/2023  
F. MUESTREO : B009-000485, B009-000487

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

ASPECTO : Líquido  
COLOR : Incoloro  
OLOR : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

pH : 7.02  
Temperatura : 14.00 °C  
Conductividad Eléctrica : 97.80 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Dureza Total como CaCO<sub>3</sub> : 46.00 mg/L  
Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub> : 49.97 mg/L  
Cloruros como Cl<sup>-</sup> : 46.39 mg/L  
Fósforo total : 0.44 mg/L  
Calcio como Ca<sup>++</sup> : 15.49 mg/L  
Sulfatos como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> : 14.00 mg/L  
Magnesio como Mg<sup>++</sup> : 1.77 mg/L  
Sólidos Totales Disueltos : 48.30 mg/L  
Porcentaje de salinidad : 0.00 mg/L  
DQO : 78.45 mg/L  
BDO : 5.00 mg/L  
Oxígeno Disuelto : 5.15 mg/L  
Como NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : 22.30 mg/L  
Turbidez : 0.51 NTU

**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO**

Bacterias coliformes totales : <1 UFC/100ml  
Coliformes fecales : <1 UFC/100ml

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA.

Puno, C.U. 19 de setiembre del 2023.

VºBº

  
ING. LUZ MARINA REYES FONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
P-2 - U.N.A. - CIP-102913



  
Walter Antonio Aragón, Ph.D.  
DECANO - FIQ - U.N.A.

FIQ Nro **LQ-2023**

Nº 002361

## Certificado de Análisis

**ASUNTO:** Análisis Físico Químico y Microbiológico de AGUAS: VILCACHILE P-3

PROCEDENCIA : VILCACHILE, ILAVE - EL COLLAO  
 INTERESADO : KRISTEL YOHANA ESCOBAR MOLINA  
 MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA DE POZO  
 MUESTREO : 12/09/2023, por el interesado  
 ANÁLISIS : 12/09/2023  
 F. MUESTREO : B009-000485, B009-000487

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

ASPECTO : Líquido  
 COLOR : Incoloro  
 OLOR : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

pH : 6.76  
 Temperatura : 14.00 °C  
 Conductividad Eléctrica : 105.90 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Dureza Total como CaCO<sub>3</sub> : 59.68 mg/L  
 Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub> : 50.93 mg/L  
 Cloruros como Cl<sup>-</sup> : 33.39 mg/L  
 Fosforo total : 0.15 mg/L  
 Calcio como Ca<sup>++</sup> : 12.05 mg/L  
 Sulfatos como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> : 12.40 mg/L  
 Magnesio como Mg<sup>++</sup> : 7.18 mg/L  
 Sólidos Totales Disueltos : 53.00 mg/L  
 Porcentaje de salinidad : 0.10 mg/L  
 DQO : 105.74 mg/L  
 BDO : 40.29 mg/L  
 Oxígeno Disuelto : 4.28 mg/L  
 Como NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : 22.20 mg/L  
 Turbidez : 1.98 NTU

**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO**

Bacterias coliformes totales : 0 UFC/100ml  
 Coliformes fecales : 0 UFC/100ml

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA.

Puno, C.U. 19 de setiembre del 2023.

VºBº

  
 ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
 BAJA DE MANEJO DEL CONTROL DE CALIDAD  
 FIQ-UNA - CP-110393



  
 Walter Z. Apolinario Aragón, Ph.D.  
 DECANO FIQ-UNA





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



FIQ Nro

LQ-2023

Nº 002360

## Certificado de Análisis

**ASUNTO:** Análisis Físico Químico y Microbiológico de AGUAS: VILCACHILE P-4

PROCEDENCIA : VILCACHILE, ILAVE - EL COLLAO  
INTERESADO : KRISTEL YOHANA ESCOBAR MOLINA  
MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA DE POZO  
MUESTREO : 12/09/2023, por el interesado  
ANÁLISIS : 12/09/2023  
F. MUESTREO : B009-000485, B009-000487

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

ASPECTO : Líquido  
COLOR : Incoloro  
OLOR : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

pH : 6.67  
Temperatura : 14.00 °C  
Conductividad Eléctrica : 117.70 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Dureza Total como CaCO<sub>3</sub> : 53.68 mg/L  
Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub> : 55.07 mg/L  
Cloruros como Cl<sup>-</sup> : 33.79 mg/L  
Fosforo total : 0.28 mg/L  
Calcio como Ca<sup>++</sup> : 14.45 mg/L  
Sulfatos como SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> : 16.40 mg/L  
Magnesio como Mg<sup>++</sup> : 4.27 mg/L  
Sólidos Totales Disueltos : 58.80 mg/L  
Porcentaje de salinidad : 0.10 mg/L  
DQO : 102.33 mg/L  
BDO : 41.32 mg/L  
Oxígeno Disuelto : 5.54 mg/L  
Como NO<sub>3</sub> : 27.70 mg/L  
Turbidez : 0.50 NTU

**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO**


Bacterias coliformes totales : 0 UFC/100ml  
Coliformes fecales : <1 UFC/100ml

I.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA, Puno, C.U. 19 de setiembre del 2023.

VºBº



ING. LUZ MARÍA TEVES PONCE  
ANALISTA DE CALIDAD DE AGUA Y SUELO  
FIQ-UNA-CEP-UNAP

Walter B. Apaza Aragón  
DECANO FIQ-UNA

Ciudad Universitaria Av. Floral N° 1153, Facultad de Ingeniería Química - Cel.: 951755420

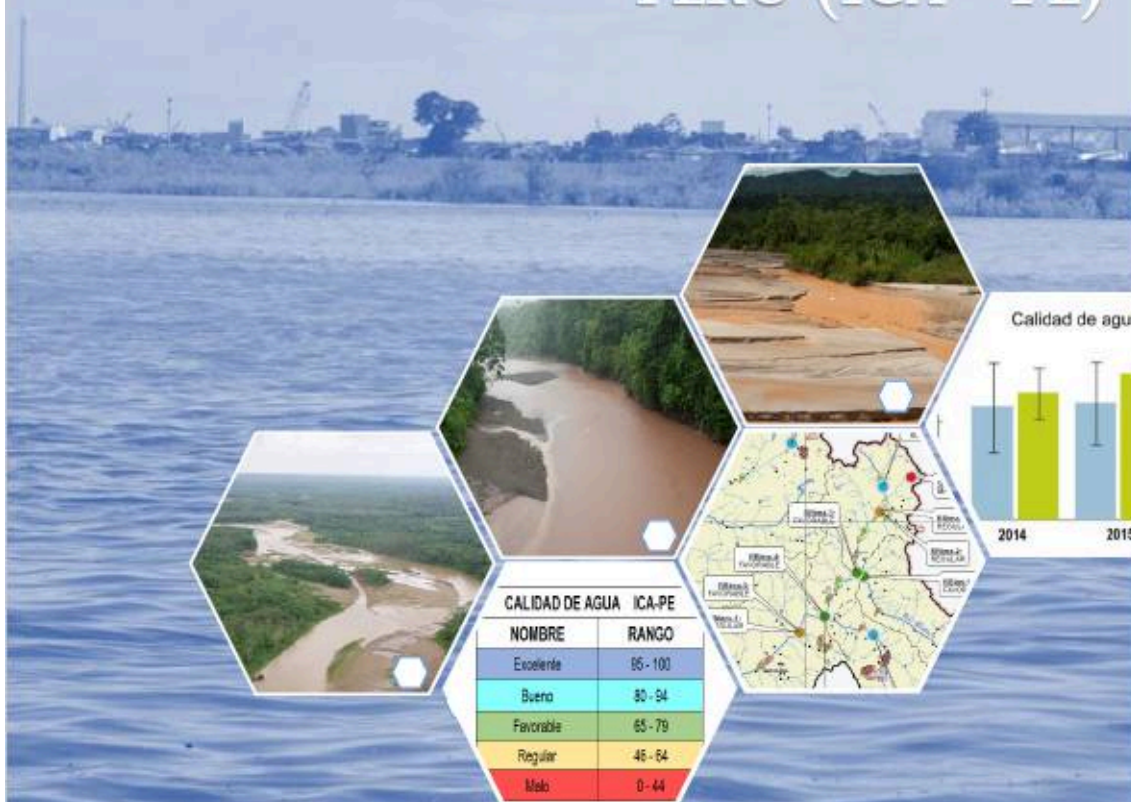


## Anexo 03: Normativas utilizadas

10	NORMAS LEGALES	Miércoles 7 de junio de 2017 / El Peruano
<p><b>Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias</b></p>	<p>publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;</p> <p>De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;</p>	
<p><b>DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM</b></p>	<p>DECRETA:</p>	
<p>EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA</p>	<p><b>Artículo 1.- Objeto de la norma</b></p>	
<p>CONSIDERANDO:</p>	<p>La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2006-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.</p>	
<p>Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;</p>	<p><b>Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua</b></p>	
<p>Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;</p>	<p>Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.</p>	
<p>Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;</p>	<p><b>Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua</b></p>	
<p>Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;</p>	<p>Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:</p>	
<p>Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;</p>	<p><b>3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional</b></p>	
<p>Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;</p>	<p><b>a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable</b></p>	
<p>Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2006-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;</p>	<p>Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:</p>	
<p>Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;</p>	<p>- <b>A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección</b></p>	
<p>Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;</p>	<p>Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.</p>	
<p>Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;</p>	<p>- <b>A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional</b></p>	
<p>Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,</p>	<p>Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como preoxidación, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.</p>	
	<p>- <b>A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado</b></p>	
	<p>Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como preoxidación, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.</p>	
	<p><b>b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación</b></p>	
	<p>Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:</p>	



# METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN EL PERU (ICA – PE)





#### Anexo 04: Panel fotográfico



**Figura 02:** Recolección de muestra de agua supervisada por el poblador a cargo del pozo.



**Figura 03:** Selección muestra de agua en un recipiente.





**Figura 04:** Toma de muestra de temperatura de agua.





**Figura 05:** Muestra contenida en un recipiente transparente.