

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**CALIDAD DE AGUA DE POZOS TUBULARES PARA CONSUMO HUMANO**

**DEL CENTRO POBLADO DE JUCUMARINI, DISTRITO DE ICHUÑA,**

**MOQUEGUA - 2025.**

**PRESENTADA POR:**

**CARLOS ALBERTO YANARICO MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2025**



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



# 5.43%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 6 OCT 2025, 11:31 AM

## Similarity report

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

● IDENTICAL  
0.86%

● CHANGED TEXT  
4.57%

## Report #29039461

CARLOS ALBERTO YANARICO MAMANI // CALIDAD DE AGUA DE POZOS TUBULARES PARA CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO DE JUCUMARINI, DISTRITO DE ICHUÑA, MOQUEGUA - 2025. RESUMEN El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de pozos tubulares destinados al consumo humano en el Centro Poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, región Moquegua, durante el año 2025. Cabe indicar que los parámetros utilizados se basan en parámetros de control obligatorio, de acuerdo al Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Los resultados mostraron que los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica (83,65–122,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), sólidos totales disueltos (36,9–55,3 mg/L), dureza total (172–192 mg/L), alcalinidad (39,48–56,4 mg/L), cloruros (49,98–119,96 mg/L), calcio (29,6–52 mg/L) y sulfatos (42,52–57,5 mg/L) se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, cumpliendo con la normativa vigente. Sin embargo, el pH de las muestras (entre 5,6 y 5,9) estuvo por debajo del rango permitido (6,5 a 8,5), lo que indica una ligera acidez. En cuanto al parámetro microbiológico, se detectó la presencia de coliformes totales en todas las muestras (3 a 4 NMP/100 ml), superando el límite permitido (<1,8 NMP/100 ml), lo que evidencia contaminación bacteriológica. En conclusión, aunque la calidad fisicoquímica del agua es en su mayoría aceptable, la acidez y la presencia de coliformes totales representan un riesgo sanitario, por lo que el agua no es apta para

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

**CALIDAD DE AGUA DE POZOS TUBULARES PARA CONSUMO HUMANO  
DEL CENTRO POBLADO DE JUCUMARINI, DISTRITO DE ICHUÑA,  
MOQUEGUA 2025.**

**PRESENTADA POR:**

**CARLOS ALBERTO YANARICO MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:

  
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO

:

  
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS

:

  
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 16 de octubre del 2025

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, por su amor y apoyo incondicional, y a todas las personas que creyeron en mí durante este camino.

Carlos Alberto Yanarico Mamani

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada de San Carlos, por brindarme la formación académica necesaria para mi desarrollo profesional.

A mi asesor, el Mg. Katia Elizabeth Andrade Linarez, por su orientación, paciencia y compromiso en cada etapa de esta investigación.

A los miembros del jurado, por sus valiosas observaciones y aportes que enriquecieron este trabajo.

Finalmente, a mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y aliento constante en todo momento.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLA	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12

### CAPÍTULO I

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

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>14</b>
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICO	15
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>15</b>
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	15
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	17
1.2.3. A NIVEL REGIONAL	18
<b>1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO</b>	<b>19</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	19

### CAPÍTULO II

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

<b>2.1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>20</b>
	3

2.1.1. AGUA SUBTERRÁNEA	21
2.1.2. POZOS DE AGUA	21
2.1.3. EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL AGUA	23
2.1.4. EVALUACIÓN FÍSICA DEL AGUA	24
2.1.5. EVALUACIÓN QUÍMICA DEL AGUA	24
2.1.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.	25
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>26</b>
<b>2.3. MARCO NORMATIVO</b>	<b>27</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS</b>	<b>27</b>
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	27
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	27
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>28</b>
3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA	28
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>29</b>
<b>3.3. MÉTODOS Y MATERIALES</b>	<b>30</b>
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	30
3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.3.3. MÉTODO	30
3.3.4. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.3.5. MATERIALES	32
<b>3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>33</b>
<b>3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA DE POZOS TUBULARES.</b>	<b>35</b>

<b>4.2. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE POZOS TUBULARES</b>	
<b>COLIFORMES TOTALES.</b>	<b>46</b>
<b>4.2. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS</b>	<b>49</b>
4.2.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL	49
4.2.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1.	49
4.2.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	50
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>51</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>52</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>53</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE TABLA

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 01:</b> Límite Máximo Permitido de parámetro microbiológico para el agua destinada al consumo humano.	25
<b>Tabla 02:</b> Niveles máximos aceptables de diversos parámetros, asegurando así la seguridad y potabilidad del agua destinada al consumo humano.	25
<b>Tabla 03:</b> Coordenadas de los puntos de muestreo	30
<b>Tabla 04:</b> Parámetros de pH de pozos tubulares.	35
<b>Tabla 05:</b> Parámetros de Conductividad eléctrica de pozos tubulares.	37
<b>Tabla 06:</b> Parámetros de Sólidos totales disueltos de pozos tubulares.	38
<b>Tabla 07:</b> Dureza total de pozos tubulares.	40
<b>Tabla 08:</b> Alcalinidad de pozos tubulares.	41
<b>Tabla 09:</b> Parámetros de Cloruros de pozos tubulares.	43
<b>Tabla 10:</b> Parámetros de Calcio de pozos tubulares.	44
<b>Tabla 11:</b> Parámetros de sulfatos de pozos tubulares.	45
<b>Tabla 12:</b> Parámetros microbiológicos de los pozos tubulares.	47
<b>Tabla 13:</b> Análisis estadístico descriptivo de coliformes totales.	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Localización de la zona de estudio.	28
<b>Figura 02:</b> Ubicaciones de cada punto de muestreo del lugar de estudio	29
<b>Figura 03:</b> Valor del pH	36
<b>Figura 04:</b> Valores de conductividad eléctrica.	37
<b>Figura 05:</b> Valores sólidos totales disueltos.	39
<b>Figura 06:</b> Valores de dureza total.	40
<b>Figura 07:</b> Valores de alcalinidad.	42
<b>Figura 08:</b> Valores de cloruros.	43
<b>Figura 09:</b> Valores de calcio.	44
<b>Figura 10:</b> Valores de sulfatos.	46
<b>Figura 11:</b> Valores de coliformes totales.	47
<b>Figura 12:</b> Visualizando la zona de estudio.	62
<b>Figura 13:</b> Realizando la toma de muestra en uno de los pozos tubulares.	62
<b>Figura 14:</b> Anotando datos de la toma de muestra en uno de los pozos tubulares.	63
<b>Figura 15:</b> Rotulando las muestras recolectadas.	63
<b>Figura 16:</b> Visualizando el rotulado de los envases.	64

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de Consistencia.	58
<b>Anexo 02:</b> Límite Máximo Permisible conforme al DS 031-2010-SA.	59
<b>Anexo 03:</b> Análisis de Laboratorio de Parámetros Físico- Químicos y microbiológico.	61
<b>Anexo 04:</b> Panel fotográfico	62

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>pH</b>	Potencial de Hidrógeno
<b>OD</b>	Oxígeno Disuelto
<b>ECA</b>	Estándar de Calidad Ambiental
<b>LMP</b>	Límites Máximos Permisibles
<b>MINAM</b>	Ministerio del Ambiente
<b>OD</b>	Oxígeno Disuelto
<b>SDT</b>	Sólidos Disueltos Totales
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>PPM</b>	Partes por millón

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de pozos tubulares destinados al consumo humano en el Centro Poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, región Moquegua, durante el año 2025. Cabe indicar que los parámetros utilizados se basan en parámetros de control obligatorio, de acuerdo al Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Los resultados mostraron que los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica (83,65–122,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), sólidos totales disueltos (36,9–55,3 mg/L), dureza total (172–192 mg/L), alcalinidad (39,48–56,4 mg/L), cloruros (49,98–119,96 mg/L), calcio (29,6–52 mg/L) y sulfatos (42,52–57,5 mg/L) se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, cumpliendo con la normativa vigente. Sin embargo, el pH de las muestras (entre 5,6 y 5,9) estuvo por debajo del rango permitido (6,5 a 8,5), lo que indica una ligera acidez. En cuanto al parámetro microbiológico, se detectó la presencia de coliformes totales en todas las muestras (3 a 4 NMP/100 ml), superando el límite permitido (<1,8 NMP/100 ml), lo que evidencia contaminación bacteriológica. En conclusión, aunque la calidad fisicoquímica del agua es en su mayoría aceptable, la acidez y la presencia de coliformes totales representan un riesgo sanitario, por lo que el agua no es apta para el consumo humano sin tratamiento previo.

**Palabras clave:** Alcalinidad, Calidad de agua, Coliformes, Pozos tubulares y Sólidos disueltos

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the quality of water from tubular wells intended for human consumption in the populated center of Jucumarini, Ichuña district, Moquegua region, during the year 2025. It should be noted that the parameters used are based on mandatory control parameters, in accordance with Supreme Decree No. 031-2010-SA. The results showed that the physicochemical parameters such as electrical conductivity (83.65–122.4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), total dissolved solids (36.9–55.3 mg/L), total hardness (172–192 mg/L), alkalinity (39.48–56.4 mg/L), chlorides (49.98–119.96 mg/L), calcium (29.6–52 mg/L), and sulfates (42.52–57.5 mg/L) are within the maximum permissible limits, complying with current regulations. However, the pH values of the samples (between 5.6 and 5.9) were below the allowed range (6.5 to 8.5), indicating slight acidity. Regarding the microbiological parameter, the presence of total coliforms was detected in all samples (3 to 4 MPN/100 ml), exceeding the permitted limit (<1.8 MPN/100 ml), which indicates bacteriological contamination. In conclusion, although the physicochemical quality of the water is mostly acceptable, the acidity and the presence of total coliforms represent a health risk, and therefore, the water is not suitable for human consumption without prior treatment.

**Keywords:** Alkalinity, Coliforms, Dissolved solids, Tubular wells and Water quality.

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para la vida, no solo por su importancia en la hidratación y la higiene diaria del ser humano, sino también por su rol fundamental en las actividades agropecuarias, industriales y en el desarrollo sostenible de las comunidades. Por ello, asegurar que el agua destinada al consumo humano cumpla con los estándares de calidad establecidos es indispensable para proteger la salud pública. Esto implica controlar la presencia de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos que puedan representar un riesgo para la población (Cirelli, 2012).

Evaluar la calidad del agua es particularmente importante en zonas rurales, donde las fuentes de abastecimiento como los pozos tubulares suelen ser la principal alternativa de consumo (Asmat & Zarate, 2022). En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo analizar la calidad del agua proveniente de los pozos tubulares del centro poblado de Jucumarini, ubicado en el distrito de Ichuña, región Moquegua, durante el año 2025. Para ello, se evaluarán parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de acuerdo con lo establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, que regula los estándares de calidad del agua para consumo humano en el Perú (Segovia & Álvarez, 2020).

Los parámetros a analizar incluyen pH, conductividad eléctrica, dureza total, cloruros, sulfatos, sólidos totales disueltos y turbidez, además de la detección de coliformes totales y coliformes fecales (Mamani, 2025). Estos indicadores permitirán determinar si el agua es apta para el consumo humano y de no ser así, advertir sobre los posibles riesgos sanitarios.

Este estudio busca aportar información útil para la gestión del recurso hídrico en la zona y promover la implementación de medidas preventivas que garanticen el acceso a agua segura. Asimismo, pretende contribuir al bienestar de la población de Jucumarini, al brindar evidencia que sirva de base para futuras decisiones técnicas o políticas relacionadas con la salud pública y el medio ambiente.

Capítulo I: Exponemos el problema citando información relevante relacionada a la investigación, luego citamos antecedentes de tipo internacional, nacional y del ámbito local, para al final citar los objetivos del presente trabajo.

Capítulo II: Desarrollamos cada uno de los términos que fundamentan el trabajo desarrollado, para ello se exponen el marco teórico y el conceptual y la normatividad nacional vigente, para al final mencionar las hipótesis de éste trabajo.

Capítulo III: Abarcamos el tema de la forma en la que se desarrolló la investigación a través de la metodología de investigación, presentamos la zona de estudio, la población y la muestra, y la parte estadística de éste trabajo.

Capítulo IV. En éste capítulo se exponen los resultados que se obtuvieron así como de la misma manera se terminan analizando e interpretando cada uno de ellos.

Por último terminamos el presente documento manifestando nuestras apreciaciones de los resultados obtenidos en las conclusiones y recomendamos el punto de vista que nos ofrece el haber realizado éste trabajo.

## **CAPÍTULO I**

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

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

La calidad del agua para consumo humano es un tema crítico debido a su impacto directo en la salud pública y el desarrollo sostenible. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de 2,000 millones de personas en el mundo consumen agua contaminada, lo que genera enfermedades como diarreas, cólera y otras afecciones gastrointestinales. En muchas regiones, especialmente en zonas rurales y semiáridas, la dependencia de fuentes de agua subterránea, como pozos tubulares, es fundamental para el abastecimiento. Sin embargo, la falta de monitoreo y tratamiento adecuado de estas fuentes ha llevado a que muchas comunidades están expuestas a riesgos sanitarios por la presencia de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos (Farias, 2020).

En el Perú se enfrentan desafíos significativos en la gestión y calidad del agua, especialmente en áreas rurales. Según el Ministerio de Salud (MINSA), el 30% de la población rural no tiene acceso a agua segura, y en muchas comunidades, los pozos tubulares son la principal fuente de abastecimiento (Segovia & Álvarez, 2020). En el departamento de Moquegua, existen limitados estudios sobre la calidad del agua subterránea, especialmente en zonas alejadas como el distrito de Ichuña.

El centro poblado de Jucumarini, ubicado en el distrito de Ichuña, depende principalmente de pozos tubulares para su abastecimiento de agua. Sin embargo, no se cuenta con estudios recientes que evalúan la calidad de esta agua y su aptitud para el consumo humano. La posible presencia de contaminantes, derivados de actividades agrícolas,

ganaderas o incluso naturales, podría representar un riesgo para la salud de la población (Cirelli, 2012). Por ello, es urgente realizar un análisis integral de la calidad del agua de estos pozos, que permita identificar posibles fuentes de contaminación y proponer medidas correctivas para garantizar el acceso a agua segura y mejorar la calidad de vida de los habitantes de Jucumarini.

Por ello, el estudio evalúa, bajo criterios científicos y técnicos, la calidad actual del agua de los pozos tubulares en el centro poblado de Jucumarini, analizando los aspectos físicos, químicos y microbiológicos que determinan su aptitud para el consumo humano directo. Estos parámetros son fundamentales para identificar posibles riesgos sanitarios y garantizar que el agua cumpla con los estándares de calidad establecidos por las normativas nacionales e internacionales.

### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es el estudio de la calidad de agua de pozos tubulares en el centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA?

### **1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICO**

- ¿Qué valores tienen los parámetros fisicoquímicos en el agua de pozos tubulares en el centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA?
- ¿Qué valores tienen los parámetros microbiológicos en el agua de pozos tubulares en el centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA?

## **1.2. ANTECEDENTES**

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

Falah & Hadi (2024) este estudio realizado se evaluó la calidad del agua subterránea es crucial para determinar su aptitud para el consumo humano. Este estudio analizó parámetros físicos y químicos (pH, conductividad eléctrica, turbidez, TDS, alcalinidad, nitratos, nitritos, fluoruro, sulfato, cromo hexavalente, cobre, manganeso y hierro) en los

distritos de Al-shatra y Al-naser (sur de Irak). Los resultados mostraron que el agua no cumple con los estándares de la OMS e iraquíes, con niveles elevados de TDS (hasta 1955 mg/l), turbidez y alcalinidad, así como concentraciones de metales pesados y aniones superiores a los límites permitidos, lo que representa un riesgo para la salud y el medio ambiente.

Mohamed et al. (2025) reportaron en su estudio que las aguas subterráneas son una fuente vital de agua potable en regiones semiáridas y áridas del África subsahariana. El análisis de 16 pozos en Niamey, Níger, reveló que el 80% de las muestras presentan alto riesgo para la salud, con un 44% superando el límite de nitratos (50 mg/L) establecido por la OMS y niveles de nitritos (>10 mg/L) considerados no aptos para el consumo. Además, el 12% de las muestras excedieron el límite de manganeso (0.4 mg/L). Estos contaminantes, asociados a la mala gestión de residuos urbanos y el uso excesivo de fertilizantes, pueden causar enfermedades gástricas, cardiovasculares, cancerígenas y neurológicas. El estudio destaca la necesidad de monitorear parámetros como el pH y la conductividad eléctrica para prevenir riesgos y garantizar la seguridad del agua.

Scheffler et al. (2022) reportaron en su estudio que, debido a la limitada cobertura de servicios de saneamiento en zonas rurales, se analizó la calidad del agua subterránea de pozos artesianos en dos comunidades del noroeste de Rio Grande do Sul. Se realizaron cinco campañas de muestreo entre febrero y junio de 2020, evaluando parámetros como color aparente, sólidos disueltos totales, turbidez, pH, conductividad eléctrica, nitrato, coliformes totales y Escherichia coli. Los resultados mostraron que los niveles de nitrato (>10 mg L<sup>-1</sup>) y la presencia de coliformes totales y Escherichia coli (10<sup>2</sup> a 10<sup>3</sup> NMP 100 mL<sup>-1</sup>) superaron los límites permitidos, clasificando el agua como clase 4 según la resolución CONAMA n° 396/2008. Estos problemas se asociaron a las condiciones climáticas, la proximidad de viviendas, cultivos y manejo de animales. Para mejorar la calidad del agua, se recomienda restringir actividades pecuarias cerca de los pozos, distanciar áreas de cultivo e implementar sistemas de filtración y desinfección.

Dantas et al. (2021) reportaron en su estudio que, en la región semiárida del noreste de Brasil, la disminución de los recursos hídricos superficiales ha llevado a la población rural a depender de aguas subterráneas, lo que ha incrementado la perforación de pozos tubulares profundos. El estudio evaluó la calidad del agua para consumo humano en áreas rurales de Boa Vista, Paraíba, analizando muestras de pozos en dos periodos (2014 y 2015). Se midieron parámetros como pH, conductividad eléctrica (CE), calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonato, cloruro, alcalinidad y sólidos disueltos totales (SDT). El 94.55% de las muestras se clasificaron como salinas. Aunque parámetros como dureza, alcalinidad, cloruro, magnesio, sodio y potasio cumplieron con los límites establecidos, la alta salinidad representa un desafío para el consumo humano. El pH se mantuvo dentro del rango normal. Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar medidas para mejorar la calidad del agua en la región.

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

Farias (2020) evalúa las características hidrogeológicas para la captación de agua subterránea mediante perforación de pozos tubulares en la A.P.V. Nuevo Amanecer. Utilizando métodos geofísicos como Wenner y Schlumberger, se identificaron áreas favorables para la explotación de agua destinada a consumo humano y riego. La perforación se realizó con una máquina CC-4000, alcanzando 60 metros de profundidad y 8 pulgadas de diámetro. Los análisis físico-químicos y de metales pesados confirmaron que el acuífero está compuesto por areniscas fracturadas de la formación Vilquechico, con flujo uniforme y comportamiento homogéneo. Los resultados proporcionan bases para proyectos sostenibles de captación de agua en la región.

Ortega & Delgado (2021) se enfocan en evaluar las características hidrogeológicas para la captación de agua subterránea en la A.P.V. Nuevo Amanecer, utilizando métodos geofísicos (Wenner y Schlumberger) y perforación rotativa (60 m de profundidad, 8 pulgadas de diámetro). Los análisis confirmaron un acuífero homogéneo de areniscas fracturadas (formación Vilquechico) con flujo uniforme. Los resultados aportan bases para proyectos sostenibles de explotación de agua subterránea para consumo humano y riego.

Novoa (2020) evaluó la eficiencia y calidad del agua en 14 fuentes subterráneas del distrito de Baños del Inca. Se midió el caudal de cada pozo y se calcularon sus eficiencias, determinando que ninguno alcanza el 100% de eficiencia. Además, se analizaron muestras de agua en el laboratorio del Gobierno Regional de Cajamarca para verificar su aptitud para consumo humano, encontrando que solo 3 pozos cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA's). Los resultados evidencian la necesidad de mejorar la eficiencia y calidad de los pozos para garantizar un suministro adecuado y seguro para la población.

### **1.2.3. A NIVEL REGIONAL**

Pancca (2021) evaluó el impacto de las letrinas en la calidad del agua subterránea para consumo humano en los barrios 15 de Agosto y San Salvador. Se analizaron parámetros físico-químicos y bacteriológicos, encontrando que la mayoría cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP), excepto la dureza (29% superior), alcalinidad (16.1% en una muestra), calcio (25% superior), aluminio (50% en una muestra) y coliformes totales y termotolerantes (262% y 87.25% superiores, respectivamente). La contaminación por coliformes se atribuye a prácticas inadecuadas de higiene, uso de letrinas y falta de educación sanitaria. Como solución, se propone un programa de educación sanitaria y la implementación de un hipoclorador de flujo constante para asegurar agua libre de microorganismos.

Blanco (2020) evaluó la calidad físico-química y bacteriológica del agua de consumo humano en Cabanillas, Puno (agosto-octubre 2019), analizando el ojo de agua - Cohallaca, el reservorio y la red domiciliaria. Se aplicaron metodologías estandarizadas (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, HACH 2000 y MINAM 2015), realizando tres muestreos por punto. Los resultados mostraron parámetros físico-químicos dentro de rangos variables, pero coliformes totales (303.33 NMP/100 ml) y fecales (200 NMP/100 ml) en el reservorio superaron los límites permisibles, indicando contaminación. Se concluye que el agua no es apta para consumo humano, requiriendo medidas correctivas para garantizar su calidad y proteger la salud pública.

Apaza (2024) evaluó la calidad del agua en cuatro pozos excavados de la urbanización Magisterial, Taparachi - Juliaca, 2024. Parámetros como sulfatos (116.75 mg SO<sub>4</sub>/L) y dureza total (662.00 mg CaCO<sub>3</sub>/L) superaron los límites normativos, y los coliformes termotolerantes (33 NMP/100 ml) y totales (242.5 NMP/100 ml) excedieron los estándares. El agua no cumple con el DS 031-2010-SA y no es apta para consumo humano.

### **1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

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

Determinar la calidad de agua de pozos tubulares para consumo humano del centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA.

#### **1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Identificar los parámetros fisicoquímicos de agua de pozos tubulares para consumo humano del centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA.
- Identificar los parámetros microbiológicos del agua de pozos tubulares para consumo humano del centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA.

## CAPÍTULO II

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

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### Calidad del agua

La calidad del agua es un aspecto crucial que se evalúa en función de la presencia de elementos contaminantes y los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, según lo establecido por el Estándar de Calidad de Agua, aprobado mediante el DS N° 004-2017 MINAM. Esta calidad es fundamental para la salud pública, la agricultura, la ganadería y la conservación del medio ambiente, lo que justifica la atención especial que se le otorga (Asmat & Zarate, 2022).

A nivel mundial, la preocupación por la calidad del recurso hídrico ha aumentado debido al crecimiento demográfico, que ha impulsado un incremento en las actividades productivas. Este fenómeno ha generado problemas significativos, siendo la eutrofización uno de los más destacados en los cuerpos de agua. La eutrofización es provocada por escorrentías agrícolas, aguas residuales domésticas y efluentes industriales. Además, los cambios en la composición y concentración de los parámetros indicadores en las masas de agua son señales de contaminación, afectando la calidad del agua tanto a corto como a largo plazo (Castillo et al, 2019).

Por otro lado, la Organización Mundial de la Salud (OMS) sostiene que es esencial que un sistema de distribución de agua garantice el acceso a agua potable para los seres humanos, de modo que las personas no tengan que desplazarse más de un kilómetro desde el punto de acceso. Este proceso implica costos para asegurar que el agua llegue a los hogares o comunidades, lo cual es relevante para toda la población (Tacuri, 2019).

### **2.1.1. AGUA SUBTERRÁNEA**

El agua subterránea, un recurso natural de gran importancia, juega un papel fundamental en el Ciclo Hidrológico. Su aporte a los ríos garantiza que mantengan su caudal incluso en ausencia de lluvias. La proporción de este caudal base con respecto al total del río varía ampliamente según factores como la geología y el clima, oscilando entre valores cercanos a cero hasta casi el 100% en cuencas altamente permeables (Herráiz, 2009).

Hoy en día, la calidad del agua se ha visto afectada por cambios significativos debido a la sobreexplotación de los acuíferos para distintos usos, como el doméstico, industrial y agrícola. Además, la infiltración de aguas residuales provenientes de diversas fuentes ha contribuido al deterioro de este recurso esencial (Castillo et al, 2019).

Debido a sus características hidrogeológicas, el agua subterránea es menos vulnerable a la contaminación provocada por el ser humano y a los cambios ambientales. No obstante, el aumento en la demanda del recurso y el incremento en los niveles de contaminación se han convertido en temas de interés global. Las investigaciones en esta área se han centrado en analizar la calidad del agua mediante el estudio de parámetros fisicoquímicos y biológicos, así como en evaluar las variaciones hidrológicas en el tiempo y el espacio, con el objetivo de mejorar la gestión integral del recurso hídrico (Cerón et al., 2021).

### **2.1.2. POZOS DE AGUA**

#### **a) Pozo como abastecimiento de agua**

Los pozos de agua cumplen una función esencial en el suministro para el consumo humano, especialmente en comunidades sin acceso a una red de agua potable, un derecho fundamental para toda la población mundial. Estas estructuras están diseñadas para captar y almacenar agua a través del subsuelo, funcionando como fuentes aparentemente inagotables. Sin embargo, no están exentas de sufrir alteraciones, por lo que requieren mantenimiento constante, ya que cualquier agente externo puede comprometer su calidad y hacerla no apta para el consumo (Reyes & Cosgalla, 2021).

- Para construir un pozo de manera adecuada, es fundamental aplicar métodos apropiados, como la perforación del suelo y otras técnicas.

- Tras la perforación, se emplea una bomba para la extracción de agua, la cual puede instalarse en la superficie o sumergirse, según la profundidad del pozo y la cantidad de agua requerida (Rodríguez & Malca, 2022).
- Para pozos de menor profundidad, suelen emplearse bombas de succión, mientras que en aquellos más profundos se utilizan con mayor frecuencia bombas sumergibles.
- Es fundamental realizar un monitoreo periódico de la calidad del agua extraída, asegurando que sea apta para el consumo humano y otros usos (Rodríguez & Malca, 2022).
- Para evaluar la calidad del agua y detectar posibles contaminantes, se pueden realizar pruebas de laboratorio.
- Una vez recuperada, el agua es distribuida hacia distintos puntos de consumo mediante un sistema de canalización que enlaza tanto hogares como negocios (Rodríguez & Malca, 2022).
- Para asegurar un suministro continuo de agua, es esencial una construcción adecuada, pudiendo integrarse tanques de almacenamiento en los sistemas de distribución (Alcívar et al., 2017).

#### **b) Agua apta para el consumo extraída mediante pozos.**

Los pozos desempeñan un papel fundamental como fuentes principales de agua potable, destacándose por diversas características que los hacen esenciales para cubrir las necesidades hídricas de las comunidades y promover el desarrollo sostenible. Gracias a su capacidad para alcanzar los acuíferos subterráneos, proporcionan un suministro de agua constante y confiable (Escobar, 2023).

La capacidad de adaptación del agua extraída de los pozos es una característica clave, ya que no solo se utiliza como fuente de agua potable, sino también para el riego agrícola y el abastecimiento de animales en ciertas regiones. Su disponibilidad más constante asegura la producción de alimentos. Además, los pozos son fundamentales para

mantener diversas actividades manufactureras, lo que contribuye al desarrollo económico y al bienestar general (Segovia & Álvarez, 2020).

### 2.1.3. EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL AGUA

Velasco et al. (2011) indica que el análisis microbiológico engloba cualquier método basado en técnicas biológicas, bioquímicas, moleculares o químicas que permite detectar y medir la cantidad de microorganismos en una muestra. Su aplicación más frecuente es la identificación de bacterias patógenas y aquellas responsables del deterioro.

El estudio microbiológico del agua se enfoca en identificar microorganismos que actúan como indicadores de contaminación fecal, entre ellos coliformes totales y fecales, *Escherichia coli* y enterococos fecales. La presencia de estos microorganismos sugiere la posible existencia de patógenos acuáticos que representan un riesgo para la salud humana al provocar diversas enfermedades (Nascimento et al., 2019). El análisis microbiológico del agua comienza con la toma de muestras representativas en distintos puntos, como fuentes de agua, redes de distribución, pozos o cuerpos de agua. Posteriormente, las muestras son transportadas al laboratorio, donde se procesan siguiendo protocolos específicos y métodos estandarizados.

En el laboratorio, se emplean diversas técnicas para identificar y cuantificar los microorganismos indicadores presentes en el agua. Estas incluyen el cultivo en medios selectivos y diferenciales, así como métodos de filtración y recuento de colonias para su análisis detallado (Nascimento et al., 2019).

- a) **Coliformes:** Las bacterias coliformes pertenecen a una familia comúnmente presente en el suelo, las plantas y los animales, incluidos los seres humanos. Su detección en el agua puede ser una señal de contaminación, indicando la posible presencia de aguas residuales o materia orgánica en descomposición (Tacuri, 2019).
- b) **Coliformes totales:** La Environmental Protection Agency (EPA) de EE.UU. reconoce a los coliformes totales como un indicador eficaz para detectar la posible presencia de otros patógenos en el agua potable (Vivanco, 2022).

#### **2.1.4. EVALUACIÓN FÍSICA DEL AGUA**

Los parámetros físicos son fundamentales para evaluar la calidad del agua, ya que ofrecen información esencial sobre su estado y su aptitud para distintos usos. Estas características funcionan como indicadores clave que afectan tanto la integridad de los ecosistemas acuáticos como el bienestar humano y ambiental.

(Escobar, 2023) indica que el pH es un parámetro esencial que determina la acidez o alcalinidad del agua, influyendo en los procesos químicos y biológicos dentro de los ecosistemas acuáticos. Cambios fuera de su rango óptimo pueden afectar la vida acuática, modificar el ciclo de los nutrientes y facilitar la movilización de metales pesados. Factores como la lluvia ácida o los vertidos industriales pueden alterar el pH, lo que lo convierte en un indicador clave para evaluar la calidad del agua.

La conductividad es un parámetro que mide la capacidad del agua para transmitir corriente eléctrica y está directamente vinculada a la concentración de iones disueltos. Un valor elevado de conductividad puede señalar la presencia de contaminantes como metales pesados o sales, lo que podría afectar la calidad del agua tanto para el consumo humano como para el equilibrio ecológico (Olmedo & Borja, 2023).

#### **2.1.5. EVALUACIÓN QUÍMICA DEL AGUA**

El estudio químico del agua es fundamental para determinar su calidad y detectar posibles sustancias perjudiciales tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Esta evaluación brinda datos clave que permiten tomar decisiones acertadas sobre su tratamiento y gestión, garantizando un uso seguro y sostenible en distintas aplicaciones (Escobar, 2023).

Un factor clave en la calidad del agua es la concentración de diversas sustancias, como nutrientes (nitrógeno y fósforo), metales pesados y compuestos orgánicos. Un exceso de nutrientes puede generar un crecimiento descontrolado de algas y plantas acuáticas, causando eutrofización y afectando tanto la biodiversidad como la calidad del agua. Por otro lado, la presencia de metales pesados y compuestos orgánicos representa un riesgo para la salud humana y los ecosistemas acuáticos (Escandón & Cáceres, 2022).

Evaluar los parámetros químicos del agua es esencial para una gestión eficaz y un conocimiento profundo de su calidad. Estos indicadores ofrecen información clave para la toma de decisiones, contribuyendo tanto a la protección de la salud humana como a la conservación de los ecosistemas acuáticos (Escobar, 2023).

### 2.1.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Se han publicado regulaciones por parte del Ministerio de Salud sobre la calidad del agua destinada al consumo humano, las cuales especifican los niveles permitidos para los aspectos microbiológicos y fisicoquímicos.

**Tabla 01:** Límite Máximo Permitido de parámetro microbiológico para el agua destinada al consumo humano.

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44.5°C	0

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

**Tabla 02:** Niveles máximos aceptables de diversos parámetros, asegurando así la seguridad y potabilidad del agua destinada al consumo humano.

Parámetro	Unidades de medidas	Límite máximo permisible
Turbiedad	NTU	5
pH	Valor de pH	6.5-8.5
Conductividad	uS/cm	1500
Cloruros	Mg/Cl	250
Dureza total	Mg/CaCO <sub>3</sub>	500

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Pozo tubular:** Son estructuras hidráulicas diseñadas exclusivamente para recolectar agua subterránea, con el propósito de abastecer el consumo humano en una o varias localidades (Asmat & Zarate, 2022).
- **Contaminación:** La contaminación es la introducción de sustancias o elementos nocivos en un entorno, alterando su equilibrio natural y provocando efectos negativos en el medio ambiente, la salud humana y los ecosistemas (Escobar, 2023).
- **Turbidez:** La presencia de partículas en suspensión es la causa de la turbidez del agua. Las partículas de tamaño menor a un micrón de diámetro tienen una velocidad de sedimentación muy baja (Marcó et al., 2004).
- **Temperatura:** Indica que la temperatura es un factor clave en la calidad del agua, ya que afecta diversas variables fisicoquímicas como el pH, la conductividad eléctrica, el déficit de oxígeno y otros indicadores del recurso hídrico (Tacuri, 2019).
- **Dureza:** La dureza del agua se debe principalmente a la presencia de calcio y, en menor proporción, de magnesio disuelto, generalmente expresados en equivalentes de carbonato de calcio (Mamani, 2025).
- **Cloruros:** el cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) está ampliamente distribuido en la naturaleza y se encuentra en casi todas las fuentes de agua naturales en forma de sales de sodio, calcio y magnesio. Su concentración en muestras de agua natural puede variar dependiendo del origen del recurso hídrico (Mamani, 2025).
- **Nitratos:** Los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) son contaminantes habituales que influyen en la calidad del agua. Su origen es mayormente inorgánico, proveniente de fuentes como fertilizantes agrícolas, desechos humanos y animales, así como la escorrentía urbana y agrícola (Mamani, 2025)
- **Coliformes fecales:** Las bacterias coliformes fecales provienen exclusivamente del tracto intestinal de los animales de sangre caliente, incluidos los humanos. Por ello, es necesaria una prueba más precisa para identificar la contaminación causada por desechos animales o aguas residuales (Swistock, 2023).

## **2.3. MARCO NORMATIVO**

- D.S. N° 031-2010-SA- Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
- Norma Técnica Peruana “NTP 214.003:1987 (revisada el 2021) CALIDAD DE AGUA”.
- LEY N° 28611 - LEY GENERAL DEL AMBIENTE: Artículo 31.
- Metodología para la determinación del índice de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú (Ica – Pe)
- LEY N° 26842.-”LEY GENERAL DE LA SALUD”.
- ORGANISMOS REGULADORES (SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SANEAMIENTO).

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La evaluación de agua de pozos tubulares para consumo humano del centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA indica que el agua no es apta para consumo humano.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- Los parámetros fisicoquímicos de agua de pozos tubulares para consumo humano del centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA excede los límites establecidos por la normativa.
- Los parámetros microbiológicos de agua de pozos tubulares para consumo humano del centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA excede los límites establecidos por la normativa.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

La investigación tuvo un lugar en el Centro Poblado de Jucumarini, que se ubica en el distrito de Ichuña, en la región de Moquegua, para lo cual las muestras de los pozos tubulares se tomaron en dicho lugar caracterizado por la escasa disponibilidad de agua, debido a la ausencia de un servicio domiciliario de agua potable.

##### 3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA

Cada coordenada corresponde a la ubicación de la zona de estudio.

- P1: 16°23'57.138"S 70°23'.38.862"O
- P2: 16°23'57.084"S 70°23'.38.778"O
- P3: 16°23'57.222"S 70°23'.38.85"O

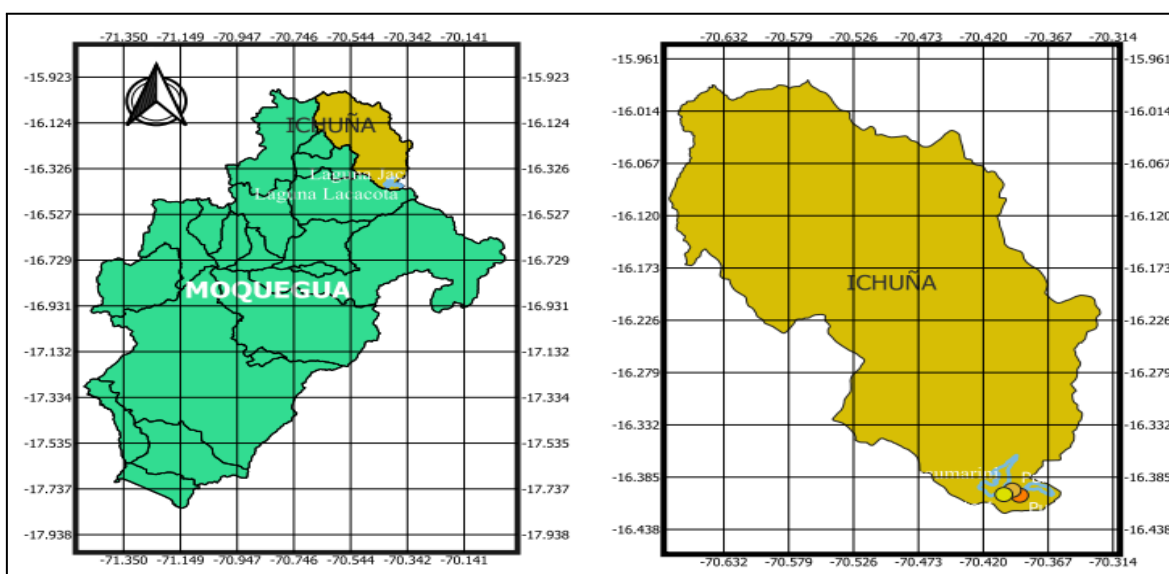


Figura 01: Localización de la zona de estudio.

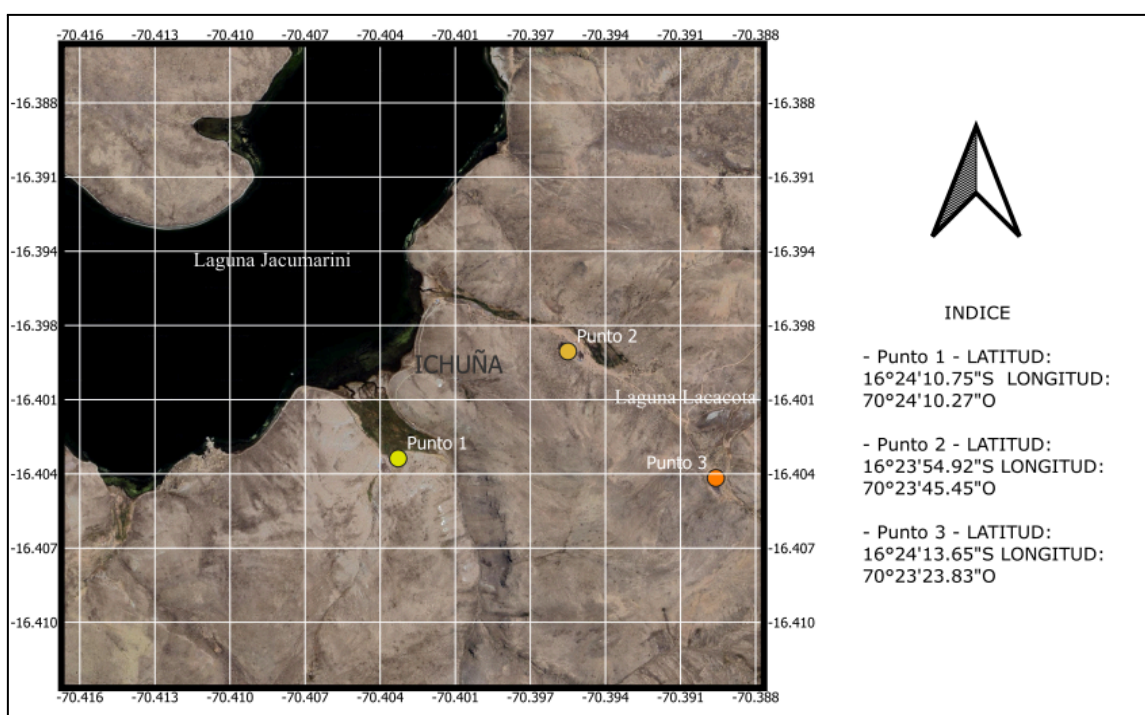
### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### a. Población

Está compuesta por tres pozos, los cuales son utilizados diariamente por las familias para su consumo diario.

#### b. Muestra

Está compuesta por tres pozos, destinados al consumo humano y se encuentran funcionando aproximadamente a 400 metros de distancia, caracterizándose como Muestra 1 (P1), Muestra 2 (P2) y Muestra 3 (P3).



**Figura 02:** Ubicaciones de cada punto de muestreo del lugar de estudio

**Tabla 03:** Coordenadas de los puntos de muestreo

Punto	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
1	16°24'10.75"S	70°24'10.27"O
2	16°23'54.92"S	70°23'45.45"O
3	16°24'13.65"S	70°23'23.83"O

### 3.3. MÉTODOS Y MATERIALES

#### 3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio actual se caracterizó por un enfoque descriptivo, ya que busca detallar las variables de investigación en diversas situaciones y contextos específicos, reflejando fielmente su manifestación en un momento concreto (Hernández et al., 2018).

#### 3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Es no experimental, debido a que las muestras de agua se tomaron directamente de cada pozo tubular en su estado natural, sin realizar modificaciones o intervenciones. Cada muestra reflejó las condiciones exactas en las que se encontraba en el momento de la recolección, lo que garantizo que sean representativas de la calidad del agua in situ. Este enfoque permite obtener datos reales y precisos sobre las características físicas, químicas y microbiológicas del agua en su entorno natural (Hernández et al., 2018).

#### 3.3.3. MÉTODO

Deductivo-cuantitativo: Según Hernández et al. (2018) este enfoque se utilizó para recopilar datos con el objetivo de probar una hipótesis. La recolección de información se basa en mediciones numéricas, las cuales requieren un análisis estadístico riguroso para comprender el comportamiento de los datos y de esta manera, validar las teorías propuestas.

Para determinar la calidad del agua en cada uno de los pozos, se compararon los resultados obtenidos con los límites establecidos en las normativas vigentes, específicamente el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano” (D.S. N° 031-2010-SA). Este análisis permitió evaluar el cumplimiento de los parámetros y garantizar que el agua sea apta para el consumo humano.

### **3.3.4. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **Identificación de los puntos de muestreo**

Los puntos de muestreo se establecieron en tres pozos tubulares del centro poblado de Jucumarini, seleccionados bajo criterios técnicos, con el objetivo de evaluar las características físico-químicas y microbiológicas del agua para consumo humano.

#### **Preparación para la toma de muestras**

Antes de salir al campo, se verificó minuciosamente el equipo necesario mediante una lista de verificación, asegurando que se cuente con todos los implementos requeridos para la recolección de muestras.

#### **Para el OBJETIVO 1: Identificar los parámetros físico-químicos del agua en pozos tubulares**

Se evaluaron parámetros como temperatura, conductividad eléctrica, turbidez, pH, cloruros y dureza. Durante la ejecución del programa de campo, se realizó lo siguiente:

- Se inspeccionó el entorno para identificar condiciones del lugar.
- Se registró las coordenadas de los puntos de muestreo utilizando el sistema UTM.
- Se llevaron a cabo los rotulados de los frascos según los parámetros a evaluar.
- Concluida la toma de muestras se transportaron las muestras en contenedores térmicos (coolers) con ice packs para mantener la cadena de frío y evitar contaminación o roturas.

#### **Para el OBJETIVO 2: Identificar los parámetros microbiológicos del agua de pozos tubulares.**

El muestreo se llevó a cabo la respectiva inspección inicial de los entornos para poder proceder con cada paso.

- Se inspeccionó el entorno para identificar condiciones del lugar.
- Se registró las coordenadas de los puntos de muestreo utilizando el sistema UTM.
- Se llevaron a cabo los rotulados de los frascos según los parámetros a evaluar.
- Concluida la toma de muestras se transportaron las muestras en contenedores térmicos (coolers) con ice packs para mantener la cadena de frío y evitar contaminación o roturas.

### **3.3.5. MATERIALES**

#### **a. Materiales de campo**

- Cuaderno de campo
- Tablero
- Guantes desechables
- Mascarillas quirúrgica
- Camara fotografica

#### **b. Equipo de campo**

- Cooler
- Cadena de custodia
- Computadora Laptop
- Equipos de protección personal
- Equipo Multiparámetro
- Envases de botella
- Cuaderno de campo
- Camara fotografica

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definiciones	Clases por naturaleza	Dimensión	Indicadores	Índice
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>		Cuantitativa	físico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura</li> <li>Conductividad eléctrica</li> <li>Turbidez</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NTU</li> <li>uS/cm</li> <li>°C</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>pH</li> <li>Cloruro</li> <li>Dureza</li> <li>Coliformes termotolerantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>pH</li> <li>Cl</li> <li>CaCO<sub>3</sub></li> <li>UFC</li> </ul>
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	Calidad del agua que la hace adecuada para ser consumida por los seres humanos	Cualitativa	Apto para el consumo humano.		
	Según DS N° 031-2010-SA				

### **3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO**

Esta investigación tiene un enfoque descriptivo, ya que se enfoca en observar y detallar los fenómenos tal como ocurren en la realidad, sin ejercer influencia sobre ellos. Para analizar los datos microbiológicos se calcularon medidas de tendencia central (media, mediana y moda) y de dispersión (desviación estándar y varianza), además de identificar los valores extremos.

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

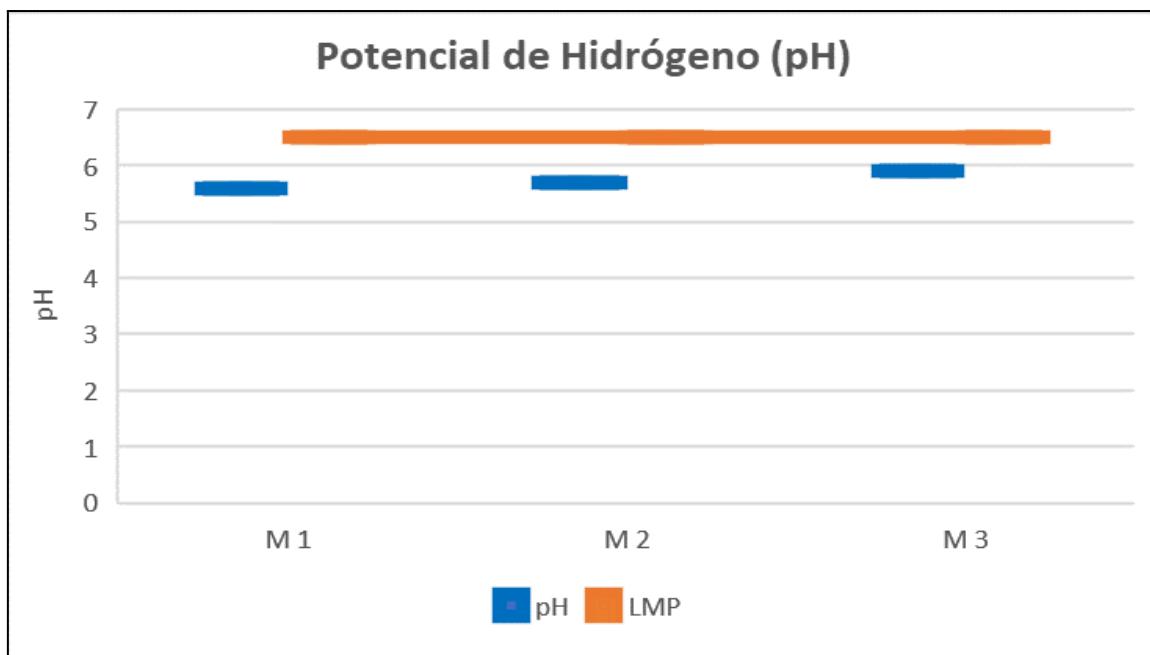
#### 4.1. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA DE POZOS TUBULARES.

##### POTENCIAL DE HIDRÓGENO pH.

En las tres muestras de agua analizadas M 1 (5,6), M 2 (5,7) y M 3 (5,9), de los pozos tubulares, los valores de pH son inferiores al valor recomendado, que oscila en el rango de 6.5 a 8.5 valor de pH, esto indica que el agua analizada tiende a ser ligeramente en condición ácida y no se encuentra entre el rango de los límites permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano), destacándose cierto riesgo, por lo que su consumo se puede considerar perjudicial para la salud de la población.

**Tabla 04:** Parámetros de pH de pozos tubulares.

Puntos	ESTE	NORTE	pH	D.S. N° 031-2010-SA	Cumplimiento de la normativa
M - 1	319551.9	8188549.6	5,6	6,5 a 8,5	No cumple
M - 2	319554.1	8188551.1	5,7	6,5 a 8,6	No cumple
M - 3	319552.1	8188547.1	5,9	6,5 a 8,7	No cumple



**Figura 03:** Valor del pH

Los valores de pH obtenidos en los pozos M-1 (5.6), M-2 (5.7) y M-3 (5.9) de la comunidad de Jukumarini están por debajo del rango permitido (6.5–8.5) según el D.S. N.º 031-2010-SA, indicando una condición ligeramente ácida no apta para consumo humano. De manera similar, Falah & Hadi (2024) reportaron pH fuera del estándar en aguas subterráneas del sur de Irak, atribuyéndole a condiciones geoquímicas desfavorables y presencia de contaminantes. Mohamed et al. (2025) también destacaron la alteración del pH en pozos de Níger como un indicador temprano de contaminación por actividades humanas. En ambos estudios, al igual que en el Centro Poblado de Jukumarini, el desequilibrio del pH representa un riesgo sanitario y evidencia la necesidad de monitoreo y tratamiento adecuado del recurso.

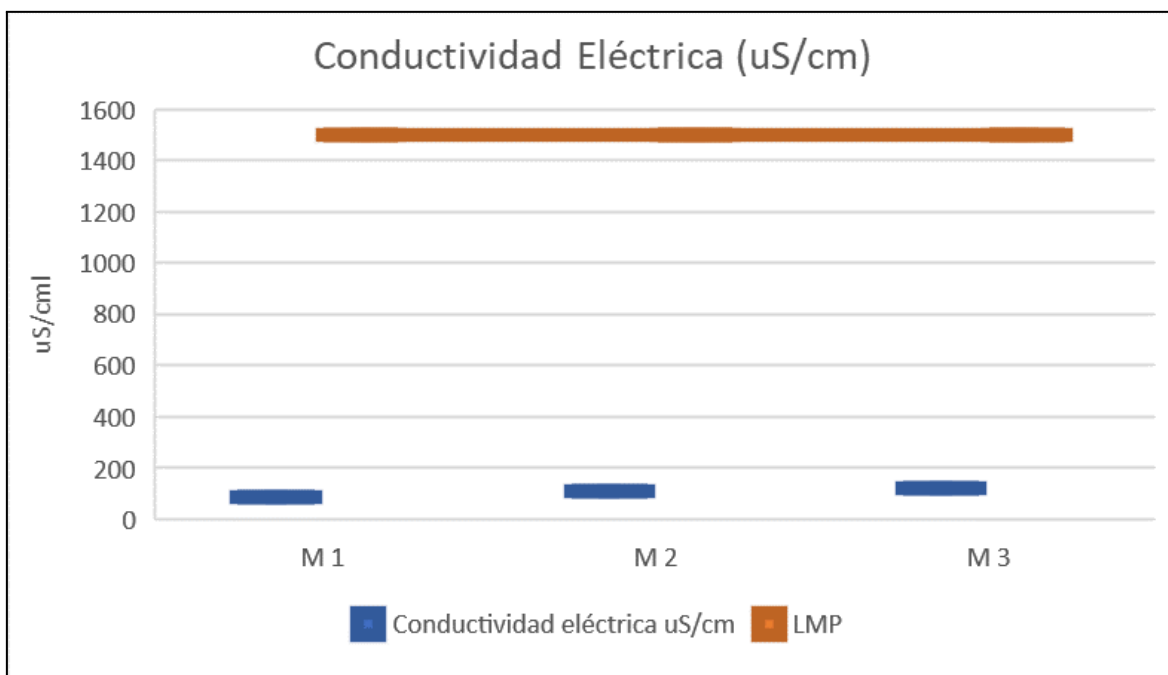
### **CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

En las tres muestras de agua analizadas M 1 (83.65), M 2 (109.60) y M 3 (122.4), de los pozos tubulares, los valores de conductividad eléctrica se encuentran por debajo del valor recomendado, que es de 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , estos permiten demostrar que el agua analizada es normal y está dentro de los límites permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.º

031-2010-SA (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano), considerándose apto para el consumo de la población.

**Tabla 05:** Parámetros de Conductividad eléctrica de pozos tubulares.

Puntos	ESTE	NORTE	Conductividad ad eléctrica uS/cm	D.S. N° 031-2010-SA	Cumplimiento de la normativa
M - 1	319551.9	8188549.6	83,65	<1500	Cumple
M - 2	319554.1	8188551.1	109,6	<1500	Cumple
M - 3	319552.1	8188547.1	122,4	<1500	Cumple



**Figura 04:** Valores de conductividad eléctrica.

Los valores de conductividad eléctrica obtenidos en los pozos M-1 (83.65  $\mu\text{S/cm}$ ), M-2 (109.60  $\mu\text{S/cm}$ ) y M-3 (122.4  $\mu\text{S/cm}$ ) se encuentran muy por debajo del límite máximo de 1500  $\mu\text{S/cm}$  establecido por el D.S. N.° 031-2010-SA, lo que indica que el agua en los pozos tubulares en el Centro Poblado de Jukumarini presenta una baja concentración de sales disueltas y es apta para el consumo humano. En comparación, Apaza (2024) en Juliaca reportó valores de conductividad más elevados, lo que sugiere una mayor

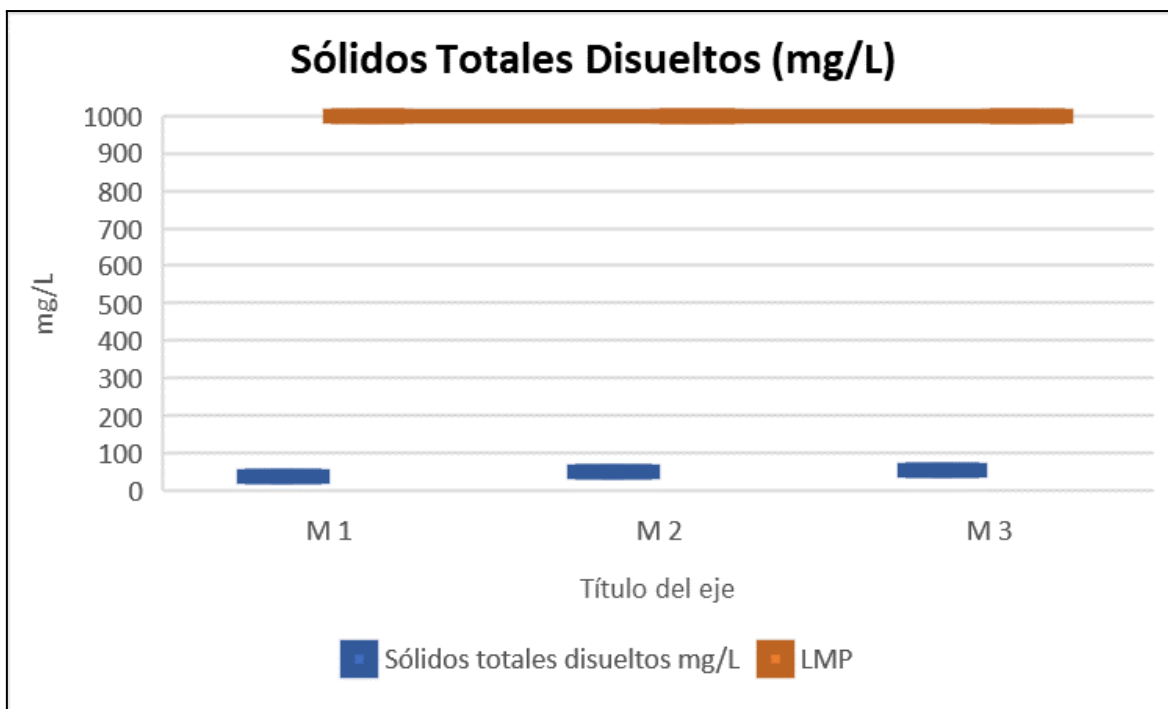
presencia de minerales o posibles procesos de contaminación. A comparación con el estudio realizado por: Dantas et al. (2021), encontraron que el 94.55% de las muestras presentaban agua salina, con alta conductividad, afectando su potabilidad. Frente a estos estudios, el agua del Centro Poblado de Jukumarini refleja una mejor calidad química en términos de salinidad.

### **SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS.**

En las tres muestras de agua analizadas M 1 (36.9), M 2 (51.4) y M 3 (5.3), de los pozos tubulares, los valores de sólidos totales se encuentran por debajo del valor recomendado, que es de 1000 mg/L, esto indica que el agua analizada es normal y está dentro de los límites permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano), considerándose apto para el consumo de la población.

**Tabla 06:** Parámetros de Sólidos totales disueltos de pozos tubulares.

<b>Puntos</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>Sólidos totales disueltos mg/L</b>	<b>D.S. N° 031-2010-SA</b>	<b>Cumplimiento de la normativa</b>
M - 1	319551.9	8188549.6	36,9	<1000	Cumple
M - 2	319554.1	8188551.1	51,4	<1000	Cumple
M - 3	319552.1	8188547.1	55,3	<1000	Cumple



**Figura 05:** Valores sólidos totales disueltos.

Los valores de sólidos totales disueltos (TDS) en las muestras de los pozos M-1 (36.9 mg/L), M-2 (51.4 mg/L) y M-3 (55.3 mg/L) se encuentran muy por debajo del límite máximo permitido de 1000 mg/L según el D.S. N.º 031-2010-SA, lo que indica que el agua en Centro Poblado de Jukumarini presenta una excelente calidad en cuanto a contenido de sales disueltas. En comparación, Apaza (2024) reportó niveles significativamente más altos en pozos de Juliaca, lo que sugiere una mayor mineralización del agua. De igual manera, Novoa (2020) encontró que solo 3 de 14 pozos evaluados en Baños del Inca cumplían con los estándares de calidad, incluyendo el parámetro TDS, reflejando una situación menos favorable que en el Centro Poblado de Jukumarini. Por lo tanto, los valores obtenidos en este estudio son mejores que los reportados en otras investigaciones locales y nacionales.

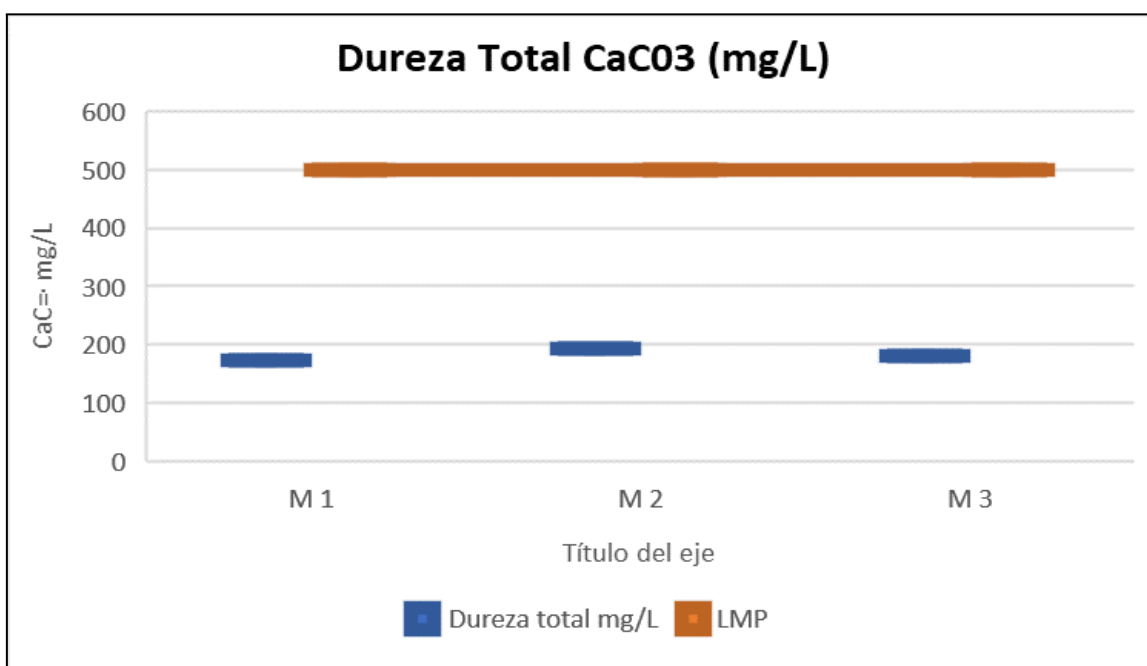
#### **DUREZA TOTAL.**

Como se ilustra en la figura 06, en las tres muestras de agua analizadas M 1 (172), M 2 (192) y M 3 (180), de los pozos tubulares, los valores de dureza total se encuentran por debajo del valor recomendado, que es de 500 mg/L, esto indica que el agua analizada es normal y está dentro de los límites permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.º

031-2010-SA (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano), considerándose apto para el consumo de la población.

**Tabla 07:** Dureza total de pozos tubulares.

Puntos	ESTE	NORTE	Dureza total mg/L	D.S. N° 031-2010-SA	Cumplimiento de la normativa
M - 1	319551.9	8188549.6	172	<500	Cumple
M - 2	319554.1	8188551.1	192	<500	Cumple
M - 3	319552.1	8188547.1	180	<500	Cumple



**Figura 06:** Valores de dureza total.

Los valores de dureza total en los pozos M-1 (172 mg/L), M-2 (192 mg/L) y M-3 (180 mg/L) se encuentran muy por debajo del límite máximo de 500 mg/L establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA, indicando que el agua presenta una dureza moderada y es apta para el consumo humano sin efectos adversos para la salud ni riesgo de incrustaciones severas en instalaciones hidráulicas. En comparación, Apaza (2024) reportó valores de dureza de hasta 662 mg/L en pozos de Juliaca, superando los límites normativos y clasificando el agua como dura y no apta. Asimismo, Pancca (2021) encontró que el 29%

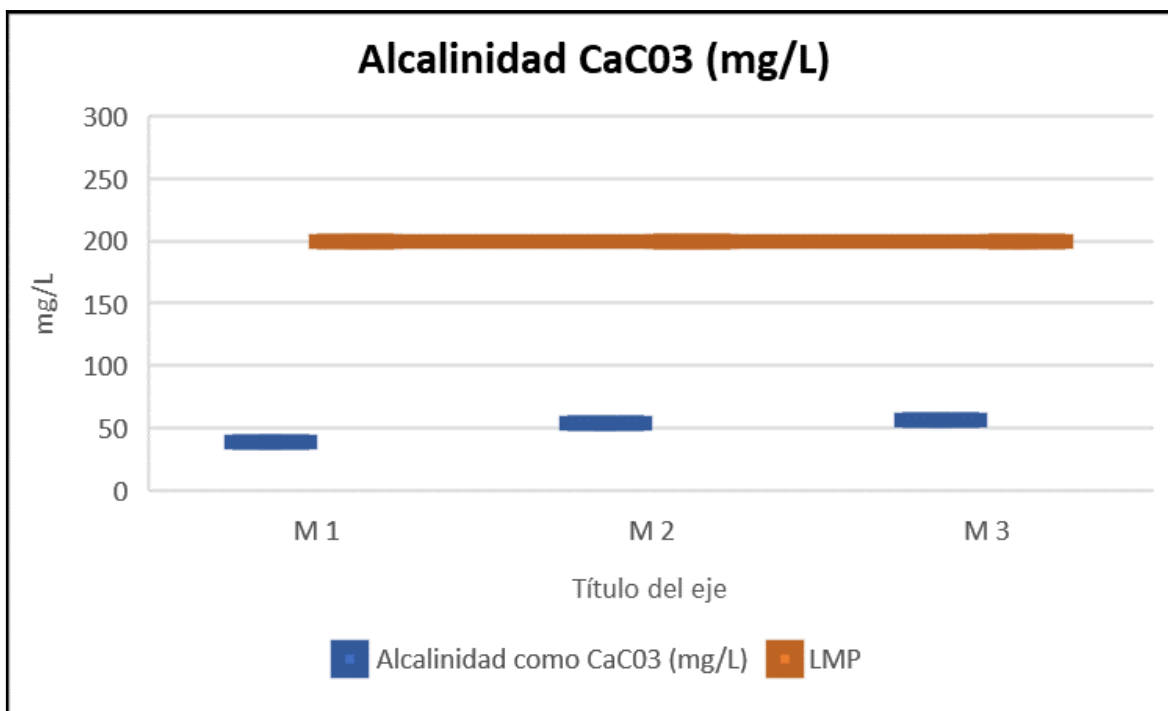
de sus muestras superan el límite permitido, reflejando condiciones menos favorables que en el Centro Poblado de Jukumarini. Por lo tanto, los resultados obtenidos en este estudio evidencian una mejor calidad de agua en términos de dureza total, posiblemente atribuida a una menor concentración de calcio y magnesio en el acuífero local.

### ALCALINIDAD

Como se presenta en la figura 07, en las muestras de agua analizadas M 1 (39.48), M 2 (53.58) y M 3 (56.40), de los pozos tubulares, el rango de la alcalinidad se encuentra muy por debajo del valor máximo permitido, que es de 200 mg/L, en países como Colombia se admite un valor de 100 mg/L, lo cual es propicio en todo sentido, ya que no presenta ningún inconveniente en cuanto al consumo humano.

**Tabla 08:** Alcalinidad de pozos tubulares.

Puntos	ESTE	NORTE	Alcalinidad mg/L	D.S. N° 031-2010-SA	Cumplimiento de la normativa
M - 1	319551.9	8188549.6	39,48	<200	Cumple
M - 2	319554.1	8188551.1	53,58	<200	Cumple
M - 3	319552.1	8188547.1	56,4	<200	Cumple



**Figura 07:** Valores de alcalinidad.

Los resultados de alcalinidad en las muestras M-1 (39.48 mg/L), M-2 (53.58 mg/L) y M-3 (56.40 mg/L) están muy por debajo del límite máximo de 200 mg/L establecido en el D.S. N.º 031-2010-SA, e incluso por debajo del estándar de 100 mg/L. Estos valores indican que el agua tiene baja concentración de compuestos alcalinos, lo cual no representa un problema para el consumo humano, pero sí podría estar relacionado con el pH ligeramente ácido observado en los pozos. A diferencia de estos resultados, Falah & Hadi (2024) encontraron niveles altos de alcalinidad en pozos del sur de Irak, lo que contribuyó a un desequilibrio en otros parámetros de calidad. En comparación con Pancca (2021) reportó alcalinidad elevada en una de sus muestras, superando los valores permitidos. Concluyendo que el agua de los pozos tubulares del Centro Poblado de Jukumarini muestra una alcalinidad baja pero adecuada.

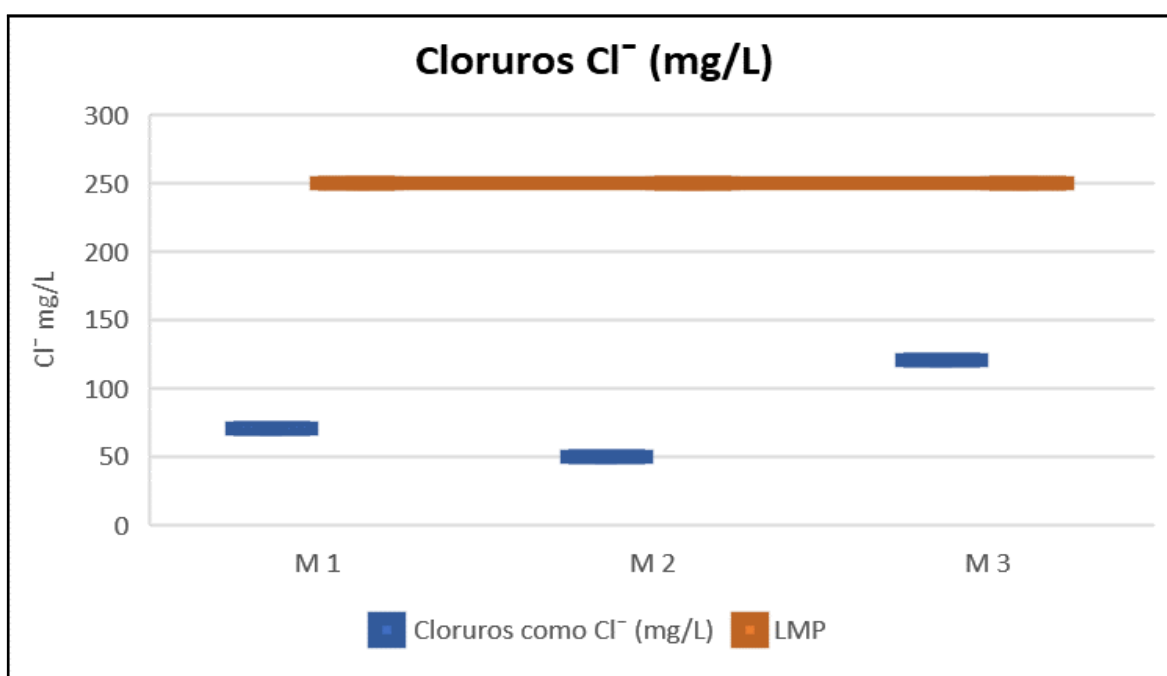
### **CLORUROS.**

Como se presenta en la figura 07, en las tres muestras de agua analizadas M 1 (69.97), M 2 (49.98) y M 3 (119.96), de los pozos tubulares, los valores de cloruros se encuentran por debajo del valor recomendado, que es de 250 mg/L, esto quiere decir que el agua analizada es normal y está dentro de los límites permisibles establecidos en el Decreto

Supremo N.° 031-2010-SA (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano), considerándose apto para el consumo de la población.

**Tabla 09.** Parámetros de Cloruros de pozos tubulares.

Puntos	ESTE	NORTE	Cloruros mg/L	D.S. N° 031-2010-SA	Cumplimiento de la normativa
M - 1	319551.9	8188549.6	69,97	<250	Cumple
M - 2	319554.1	8188551.1	49,98	<250	Cumple
M - 3	319552.1	8188547.1	119,96	<250	Cumple



**Figura 08:** Valores de cloruros.

Los niveles de cloruros obtenidos en las muestras M-1 (69.97 mg/L), M-2 (49.98 mg/L) y M-3 (119.96 mg/L) se encuentran por debajo del valor máximo permitido de 250 mg/L según el D.S. N.° 031-2010-SA, lo que indica que el agua no presenta riesgos por salinidad ni sabor desagradable, y por tanto, es apta para el consumo humano. Estos resultados contrastan con los hallazgos de Apaza (2024) en pozos de Juliaca, donde se reportaron concentraciones elevadas de sales, incluyendo cloruros, que afectan la potabilidad del agua. Del mismo modo, Dantas et al. (2021) en el noreste de Brasil

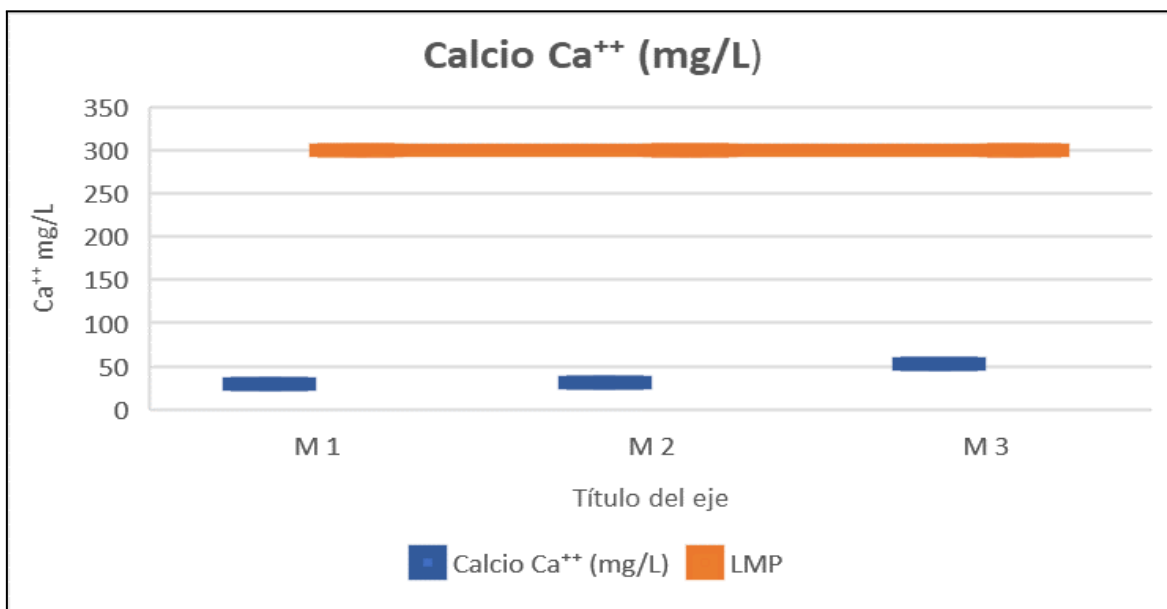
encontraron altos niveles de cloruros en la mayoría de sus muestras, asociadas a procesos de salinización en zonas áridas. Frente a estos antecedentes, el agua del Centro Poblado de Jukumarini presenta mejores condiciones que reflejan una baja influencia de fuentes contaminantes, lo que favorece su calidad para el uso doméstico.

### CALCIO

Como se presenta en la figura 09, en las muestras de agua analizadas M 1 (69.97), M 2 (49.98) y M 3 (119.96), de los pozos tubulares, los valores de calcio están dentro del rango establecido, que corresponden a 100 mg/L y 30 mg/L para calcio, esto quiere decir que son óptimas para el consumo humano.

**Tabla 10:** Parámetros de Calcio de pozos tubulares.

Puntos	ESTE	NORTE	Calcio mg/L	D.S. N°	Cumplimiento de
				031-2010-SA	la normativa
M - 1	319551.9	8188549.6	29,6	<300	Cumple
M - 2	319554.1	8188551.1	30,5	<300	Cumple
M - 3	319552.1	8188547.1	52	<300	Cumple



**Figura 09:** Valores de calcio.

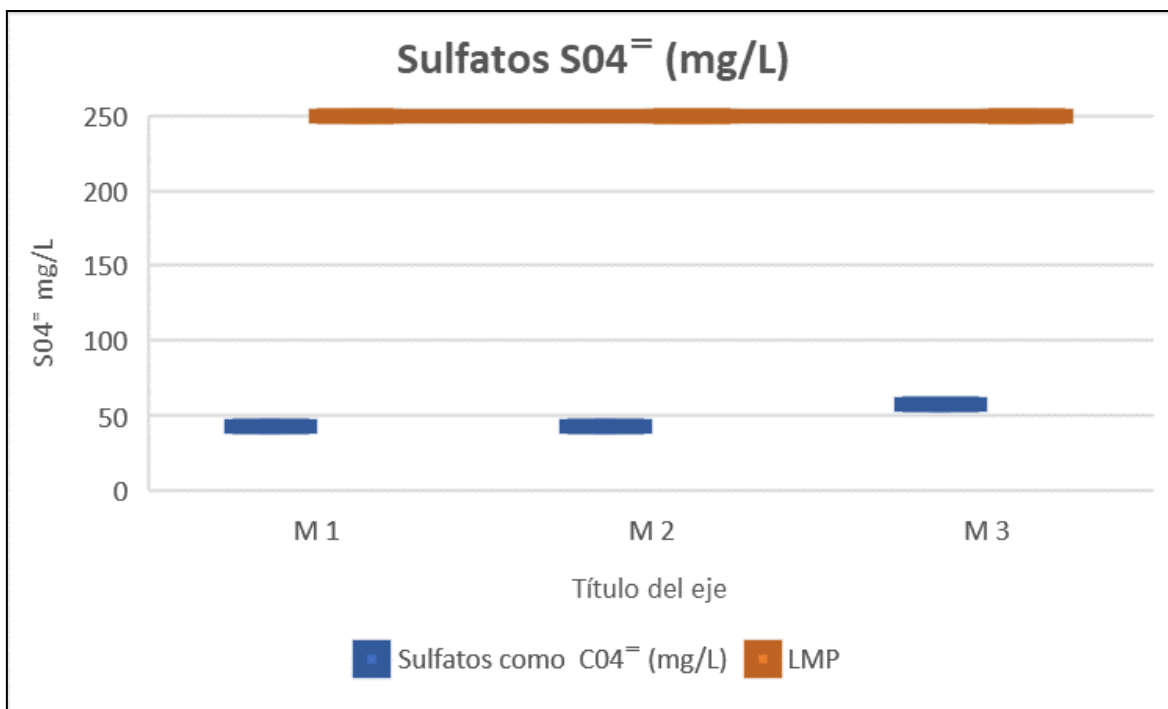
Los valores de calcio obtenidos en las muestras M-1 (29.6 mg/L), M-2 (30.5 mg/L) y M-3 (52 mg/L) se encuentran dentro de rangos considerados adecuados para el consumo humano al compararlos con referencias internacionales como las de Costa Rica, que recomiendan niveles entre 30 y 100 mg/L, los resultados del Centro Poblado de Jukumarini pueden considerarse óptimos y seguros. Estos valores indican una concentración moderada de calcio, que no representa riesgos para la salud ni genera efectos adversos como la incrustación en tuberías. En contraste, estudios como el de Pancca (2021) reportaron niveles elevados de calcio en algunas muestras de agua en Puno, superando lo recomendado. Frente a ello, el agua subterránea del Centro Poblado de Jukumarini presenta valores más equilibrados.

### **SULFATOS.**

Como se presenta en la figura 10, en las muestras de agua analizadas M 1 (69.97), M 2 (49.98) y M 3 (119.96), de los pozos tubulares, los valores de sulfatos se encuentran por debajo del valor recomendado, que es de 250 mg/L, esto quiere decir que el agua analizada es normal y está dentro de los límites permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano), considerándose apto para el consumo de la población.

**Tabla 11:** Parámetros de sulfatos de pozos tubulares.

<b>Puntos</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>Sulfatos mg/L</b>	<b>D.S. N°</b>	<b>Cumplimiento</b>
				<b>031-2010-SA</b>	<b>de la</b>
					<b>normativa</b>
M - 1	319551.9	8188549.6	42,52	<250	Cumple
M - 2	319554.1	8188551.1	42,6	<250	Cumple
M - 3	319552.1	8188547.1	57,5	<250	Cumple



**Figura 10:** Valores de sulfatos.

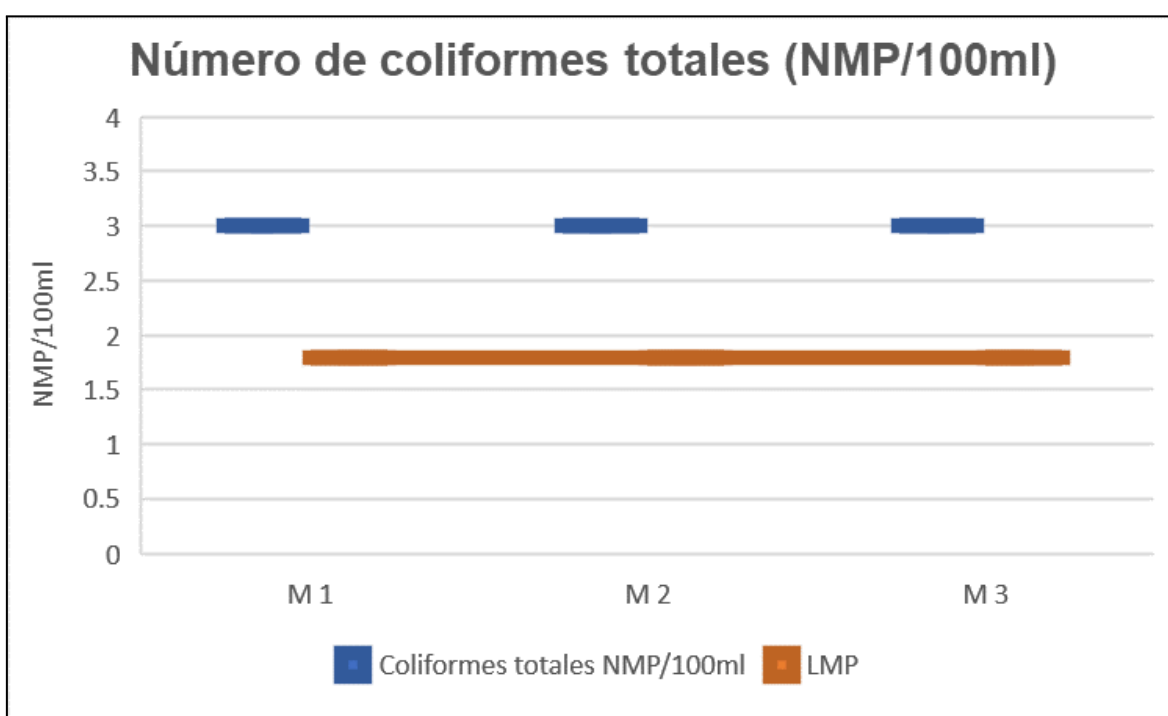
Los niveles de sulfatos en las muestras M-1 (42.52 mg/L), M-2 (42.6 mg/L) y M-3 (57.5 mg/L) se encuentran muy por debajo del límite máximo permitido de 250 mg/L según el D.S. N.º 031-2010-SA, lo que indica que el agua no presenta riesgos de efectos laxantes ni alteraciones en el sabor, y es totalmente segura para el consumo humano. En comparación, el estudio de Apaza (2024) en pozos de Juliaca reportó concentraciones de hasta 116.75 mg/L, también dentro del rango permisible pero notablemente más altas que las observadas en el Centro Poblado de Jukumarini. Por otro lado, como el estudio realizado por: Falah & Hadi (2024), los niveles de sulfatos superaron los límites normativos, afectando la calidad del agua subterránea. Frente a estos antecedentes, los resultados obtenidos en el Centro Poblado de Jukumarini reflejan una mejor calidad en cuanto a contenido de sulfatos.

#### 4.2. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE POZOS TUBULARES COLIFORMES TOTALES.

En la figura 11 se aprecia que, en los pozos tubulares analizados, los valores de coliformes totales no son considerados apto para el consumo de los pobladores ya que se sale de los límites permitidos por el D.S N°031-2010-SA.

**Tabla 12:** Parámetros microbiológicos de los pozos tubulares.

Puntos	ESTE	NORTE	Coliformes totales NMP/100 ml	Coliformes s totales NMP/100 ml	D.S. N° 031-2010-SA LMP	Cumplimiento de la normativa
M - 1	319551.9	8188549.6	3	<3	<1.8	No cumple
M - 2	319554.1	8188551.1	3	<3	<1.8	No cumple
M - 3	319552.1	8188547.1	4	<3	<1.8	No cumple



**Figura 11:** Valores de coliformes totales.

Los resultados obtenidos para coliformes totales en las muestras M-1 (3 NMP/100 ml), M-2 (3 NMP/100 ml) y M-3 (4 NMP/100 ml) superan el límite máximo permisible de <1.8 NMP/100 ml establecido en el D.S. N.° 031-2010-SA, lo que indica que el agua no es apta para el consumo humano sin un tratamiento previo, ya que la presencia de estos microorganismos representa un riesgo sanitario. Situaciones similares fueron reportadas por Apaza (2024), quien encontró niveles de coliformes totales y termotolerantes muy por

encima de la norma en pozos de Juliaca, atribuidos a la falta de saneamiento básico. Asimismo, Pancca (2021) identificó que la contaminación microbiológica del agua en barrios rurales de Puno se debía al uso de letrinas cercanas a las fuentes de agua. En comparación con estos estudios, los resultados del Centro Poblado de Jukumarini reflejan una problemática común en zonas altoandinas: la ausencia de barreras sanitarias adecuadas alrededor de los pozos. Por lo tanto, se recomienda la implementación de sistemas de desinfección.

**Tabla 13:** Análisis estadístico descriptivo de coliformes totales.

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS								
N°	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desv. estándar	Varianza	
Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico	Estadístico
Coliformes totales	3	1,00	3,00	4,00	10,00	3,333	0,3333	0,577
					3		35	
N° válido	3							
( por lista)								

El análisis estadístico descriptivo de los coliformes totales en las tres muestras de agua analizadas muestra una media de 3.33 NMP/100 ml, lo que indica que, los niveles de coliformes superan el límite permitido (<1.8 NMP/100 ml) establecido en el D.S. N.º 031-2010-SA. El rango observado fue de 1 unidad, con un valor mínimo de 3 NMP/100 ml y un máximo de 4 NMP/100 ml, evidenciando una variabilidad baja entre las muestras. La desviación estándar también fue baja (aproximadamente 0.577), lo que indica que los valores están relativamente cercanos entre sí y confirman la consistencia del hallazgo de

contaminación microbiológica leve pero significativa. Estos resultados refuerzan que el agua analizada no es microbiológicamente segura para el consumo humano sin tratamiento previo, a pesar de no presentar valores extremadamente elevados.

## 4.2. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

### 4.2.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

**Hipótesis General:** La evaluación de agua de pozos tubulares para consumo humano del centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua, de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA, indica que el agua no es apta para el consumo humano.

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):**

La calidad del agua de los pozos tubulares del centro poblado de Jucumarini **es apta** para el consumo humano, conforme al D.S. N° 031-2010-SA.

**Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):**

La calidad del agua de los pozos tubulares del centro poblado de Jucumarini **no es apta** para el consumo humano, conforme al D.S. N° 031-2010-SA.

Estos resultados evidencian que el agua de los pozos evaluados presenta incumplimiento de los Límites Máximos Permisibles en aspectos fundamentales para la salud, como el pH (Tabla 04) y los coliformes totales (Tabla 12), lo que compromete su aptitud para el consumo humano.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

### 4.2.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1.

**Hipótesis específica 1:** Los parámetros fisicoquímicos de agua de pozos tubulares para consumo humano del centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua, de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA, exceden los límites establecidos por la normativa.

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):**

Los parámetros fisicoquímicos del agua **cumplen** con los Límites Máximos Permisibles del D.S. N° 031-2010-SA.

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

Los parámetros fisicoquímicos del agua **no cumplen** con los Límites Máximos Permisibles del D.S. N° 031-2010-SA.

De los 8 parámetros fisicoquímicos evaluados, 7 parámetros cumplen con los valores establecidos por la normativa (Tablas 05 a la 11) y solo 1 parámetro no cumple, siendo el pH.

Los valores obtenidos (5,6; 5,7 y 5,9) se encuentran por debajo del rango permitido (6,5 a 8,5), según lo establecido en el D.S. N° 031-2010-SA, tal como se muestra en la Tabla 04, lo que indica agua ácida, con potenciales efectos corrosivos y riesgos para la salud.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

### **4.2.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2**

**Hipótesis específica 2:** Los parámetros microbiológicos de agua de pozos tubulares para consumo humano del centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua, de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA, exceden los límites establecidos por la normativa.

### **Hipótesis nula ( $H_0$ ):**

Los parámetros microbiológicos del agua **cumplen** con los Límites Máximos Permisibles del D.S. N° 031-2010-SA.

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

Los parámetros microbiológicos del agua **no cumplen** con los Límites Máximos Permisibles del D.S. N° 031-2010-SA.

Según la normativa (D.S. N° 031-2010-SA), el LMP para coliformes totales es 0 NMP/100 mL, por lo que los tres puntos muestreados no cumplen con la calidad microbiológica exigida para el consumo humano. Esto se evidencia claramente en la Tabla 12, donde todos los valores superan el límite máximo permisible.

Además, el análisis estadístico descriptivo presentado en la Tabla 13 refuerza esta conclusión. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

## CONCLUSIONES

**PRIMERA.-** La calidad del agua de los pozos tubulares analizados en el Centro Poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, durante el año 2025, se evaluó en base a los parámetros de control obligatorio establecidos en el artículo 63 del D.S. N.º 031-2010-SA. Los resultados indican que el agua no cumple completamente con la normativa vigente, principalmente debido a valores de pH por debajo del rango permitido (ligeramente ácidos) y, especialmente, por la presencia de coliformes totales, lo que la hace no apta para el consumo humano sin un tratamiento adecuado.

**SEGUNDA.-** En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, los pozos M-1, M-2 y M-3 presentan niveles aceptables de conductividad eléctrica (83,65 a 122,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), sólidos totales disueltos (36,9 a 55,3 mg/L), dureza total (172 a 192 mg/L), alcalinidad (39,48 a 56,4 mg/L), cloruros (49,98 a 119,96 mg/L), calcio (29,6 a 52 mg/L) y sulfatos (42,52 a 57,5 mg/L), los cuales se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según la normativa vigente.

**TERCERA.-** En el análisis microbiológico, los tres pozos presentaron valores superiores al límite permitido de coliformes totales (<1,8 NMP/100 ml), con resultados entre 3 y 4 NMP/100 ml, lo cual evidencia contaminación bacteriana y un riesgo alto de enfermedades gastrointestinales si el agua es consumida sin previa desinfección.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA.-** A la Municipalidad Distrital de Ichuña, se recomienda implementar sistemas de tratamiento y desinfección del agua, como la cloración comunitaria o uso de filtros, para garantizar que el agua consumida por la población de Jucumarini sea segura.

**SEGUNDA.-** Se sugiere a la Municipalidad Distrital de Ichuña establecer un programa de monitoreo semestral de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos tubulares, en coordinación con las autoridades de salud y medio ambiente.

**TERCERA.-** A las autoridades locales del Centro Poblado de Jucumarini, se propone incluir en sus planes de inversión pública la mejora del sistema de abastecimiento de agua, priorizando soluciones sostenibles frente a la carencia del servicio de agua potable por red domiciliaria.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcívar, J., Mariscal, W., Sorroza, N., Villacres, R., García, F., & Mariscal, R. (2017). *Physico-chemical and microbiological evaluation of well water quality*. 3.
- Apaza, E. (2024). Evaluación de la calidad de agua para consumo humano en pozos excavados de la urbanización magisterial del sector Taparachi—Juliaca, 2024. *Universidad Privada San Carlos*.  
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/676855>
- Asmat, J., & Zarate, O. (2022). *Diseño del sistema de agua potable utilizando pozo tubular en el caserío Pushura Baja, distrito Bellavista, provincia de Jaén – Región Cajamarca* [Universidad Señor de Sipán].  
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/9724/Asmat%20Valdez%20Jhordy%20&%20Zarate%20Alarcon%20Omar.pdf?sequence=9>
- Blanco, M. (2020). Estudio de la calidad de agua potable para consumo humano en el distrito de Cabanillas, provincia San Román, departamento de Puno. *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/10619>
- Castillo, S., Barrezueta, S., & Arbito, J. (2019). *Evaluación de la calidad de aguas subterránea de la parroquia La Peaña, provincia El Oro, Ecuador*.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582661248007>
- Cerón, L. M., Sarria, J. D., Torres, J. S., & Soto-Paz, J. (2021). Agua subterránea: Tendencias y desarrollo científico. *Información tecnológica*, 32(1), 47-56.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000100047>
- Cirelli, A. F. (2012). *El agua: Un recurso esencial*.
- Dantas, J., Rached, S., & Rocha, D. (2021). Avaliação de água de poços tubulares para consumo humano no Município de Boa Vista, Paraíba. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 11(5), Article 5.  
<https://doi.org/10.18378/rvads.v11i5.3943>
- DO\_UC\_EG\_MAI\_UC0584\_2018.pdf*. (s. f.). Recuperado 22 de abril de 2025, de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO\\_UC\\_EG\\_](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_)

MAI\_UC0584\_2018.pdf

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 SEDE CUENCA].

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21649/1/UPS-CT009509.pdf>

Escobar, K. (2023). *Concentración de los parámetros físico, químicos y microbiológicos del agua de pozos del Centro Poblado de Vilcachile, Ilave, 2023.*

Falah, K., & Hadi, K. (2024). *Assessment of Groundwater Quality for Human Uses.* [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=v8eRpQIAAAAJ&cstart=100&pagesize=100&citation\\_for\\_view=v8eRpQIAAAAJ:natZJ\\_-F0IUC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=v8eRpQIAAAAJ&cstart=100&pagesize=100&citation_for_view=v8eRpQIAAAAJ:natZJ_-F0IUC)

Farias, V. (2020). *Informe de ejecución de cuatro pozos tubulares en la localidad de Santa Clara y anexos.* <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/1116069>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2018). *Metodología de la investigación (5ª ED.)* (Vol. 8). McGraw-Hill Interamericana.

Herráiz, A. S. (2009). *La importancia de las Aguas Subterráneas.* <https://rac.es/ficheros/doc/00923.pdf>

Mamani, R. K. (2025). *Calidad de agua en pozos artesianos para el consumo humano en el distrito de Plateria, Parcialidad Lequene- Puno 2024.*

Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., & García, M. del C. (2004). *La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina).*

Mohamed, M., Zeinabou, M., Abdoulatif, A. S., Moussa, R. S., Maman, M., & Salifou, S. (2025). Hydrochemical Assessment of Water Quality and Risks Related to the Use of Groundwater Resources in the Urban Area of Niamey and Nearby Rural Areas in the Regions of Dosso and Tillabery in Niger. *International Journal of*

- Environment and Climate Change*, 15(1), 178-202.  
<https://doi.org/10.9734/ijecc/2025/v15i14684>
- Nascimento, A. R. L., Câmara, G. B., Oliveira, T. K. B. D., Alencar, W. D., Vasconcelos, S. H., Soares, T. D. C., Soares, T. D. C., & Cavalcanti, M. D. S. (2019). Caracterização Físico-Química e Microbiológica de Biscoitos Confeccionados com Farinha de Resíduos de Frutas. *Research, Society and Development*, 8(11), e198111452. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i11.1452>
- Novoa, J. (2020). Eficiencia y calidad del agua en 14 fuentes subterráneas, Baños del Inca. *Universidad Privada del Norte*.  
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/1690688>
- 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 Pílichincha*.
- Ortega, R., & Delgado, J. (2021). *Evaluación hidrogeológica para captación de aguas subterráneas mediante perforación de pozo tubular en la A.P.V Nuevo Amanecer comunidad campesina y Yanama Ayllomayo distrito Zurite—Provincia Anta—Región Cusco* [Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].  
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/1163354>
- Panca, E. (2021). Diagnóstico del impacto por la existencia de letrinas en la calidad del agua subterránea para el consumo humano en los barrios 15 de Agosto y San Salvador del distrito de Juliaca, San Román-Puno. *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15510>
- Reyes, V., & Cosgalla, M. (2021). *Cálculo y selección del equipo de bombeo en la extracción de agua dura de pozo para una planta purificadora de agua potable*.
- Rodríguez, P., & Malca, A. (2022). *Diseño de una máquina perforadora de bajo costo para excavación de pozos de agua en la provincia de San Marcos*.
- Scheffler, J., Bisognin, R., Danni, S., & Weber, F. (2022). *Qualidade das águas subterráneas de consumo humano em comunidades rurais no noroeste do rio*

grande do sul.  
[https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/10062](https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/10062)

Segovia, Y., & Álvarez, A. (2020). *Sostenibilidad: Accesibilidad, infraestructura y calidad del agua en Colinas de Pilar, Paraguay*. XLI(3).  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376865021009>

Swistock, B. (2023). *Bacterias Coliformes PennState Extension*.  
<https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes#:~:text=Las%20bacterias%20coliformes%20fecales%20son,aguas%20residuales%20o%20desechos%20animales>.

Tacuri, R. (2019). *Determinación de la calidad de agua de pozos artesianos y sus aspectos ambientales asociados, Juliaca, Puno, 2018*.

Velasco, J., Areque, M., Emma Araujo, Longa, A., Nieves, B., Ramírez, A., Sanchez, K., & Velazco, E. (2011). *Manual práctico de bacteriología clínica*. Editorial Venezolana C. A.

Vivanco, E. (2022). *Calidad de agua: Coliformes fecales*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile/BCN.  
[https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/33469/1/BCN\\_normas\\_calidad\\_de\\_agua\\_coliformes\\_2022\\_FINAL.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/33469/1/BCN_normas_calidad_de_agua_coliformes_2022_FINAL.pdf)

## ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia.  
CALIDAD DE AGUA DE POZOS TUBULARES PARA CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO DE JUCUMARINI, DISTRITO DE ICHUÑA, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA 2025.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>GENERAL</b> ¿Cuál es el estudio de la calidad de agua de pozos tubulares en el centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA?</p>	<p><b>GENERAL</b> Determinar la calidad de agua de pozos tubulares para consumo humano del centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA.</p>	<p><b>GENERAL</b> La evaluación de agua de pozos tubulares para consumo humano del centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA indica que el agua no es apta para consumo humano.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos</p>	<p><b>Parámetros físicos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conductividad</li> <li>- Temperatura</li> <li>- Sólidos totales disueltos</li> <li>- Turbidez</li> <li>- pH</li> <li>- Sulfatos</li> <li>- Nitratos</li> <li>- Cloruros</li> <li>- Dureza Total</li> </ul>	<p><b>Tipo de investigación</b> Descriptiva</p> <p><b>Diseño de investigación</b> Descriptiva experimental</p> <p><b>Área de investigación</b> Centro Poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, región de Moquegua</p>
<p><b>ESPECÍFICO</b> ¿Qué valores tienen los parámetros fisicoquímicos en el agua de pozos tubulares en el centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA?</p>	<p><b>ESPECÍFICO</b> Identificar los parámetros fisicoquímicos de agua de pozos tubulares para consumo humano del centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA.</p>	<p><b>ESPECÍFICO</b> Los parámetros fisicoquímicos de agua de pozos tubulares para consumo humano del centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA excede los límites establecidos por la normativa.</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> Calidad Agua para consumo humano, Según DS N° 031-2010-SA</p>	<p><b>Parámetros Químicos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coliformes totales</li> <li>- Coliformes termotolerantes</li> </ul>	<p><b>Método</b> Deductivo-cuantitativo.</p> <p><b>Población</b> La población estudiada se encuentra conformada por 3 pozos.</p> <p><b>Muestras</b> La muestra es de tipo puntual.</p>
<p>¿Qué valores tienen los parámetros microbiológicos en el agua de pozos tubulares en el centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA?</p>	<p>Identificar los parámetros microbiológicos del agua de pozos tubulares para consumo humano del centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA.</p>	<p>Los parámetros microbiológicos de agua de pozos tubulares para consumo humano del centro poblado de Jucumarini, distrito de Ichuña, departamento de Moquegua de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA excede los límites establecidos por la normativa.</p>	<p><b>Parámetros microbiológicos</b></p>			

**Anexo 02:** Límite Máximo Permissible conforme al DS 031-2010-SA.

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

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permissible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	μmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL <sup>-1</sup>	1 000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoníaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeso	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

## ANEXO I


### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

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

UFC = Unidad formadora de colonias

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

**Anexo 03: Análisis de Laboratorio de Parámetros Físico- Químicos y microbiológico.**



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



# Certificado de Análisis

N.º 000193

---

**ASUNTO : ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO**

PROCEDENCIA : COMUNIDAD JUKUMARINI - MOQUEGUA  
 CLIENTE : CARLOS ALBERTO YANARICO MAMANI  
 MOTIVO : CALIDAD DE AGUA DE POZO TUBULAR  
 ANÁLISIS : FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
 FECHA DE MUESTREO : 03/06/2025, por el interesado (\*)  
 FECHA DE RECEP. : 04/06/2025  
 ANÁLISIS : 04/06/2025  
 COD. MUESTRA : B009 - 000789

---


**CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS**

ASPECTO : Líquido  
 COLOR : Cristalino.


**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS	UNIDAD	M - 1	M - 2	M - 3	METODO DE ANALISIS
Potencial de Hidrogeno	pH	5.60	5.70	5.90	Potenciómetro
Conductividad Eléctrica	µS/cm	83.65	109.60	122.40	Conductímetro
Salinidad	%	0.00	0.00	0.00	Conductímetro
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	36.90	51.40	55.30	Conductímetro
Dureza Total como CaCO <sub>3</sub>	mg/L	172.00	192.00	180.00	Volumétrica
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	mg/L	39.48	53.58	56.40	Volumétrica
Cloruros como Cl <sup>-</sup>	mg/L	69.97	49.98	119.96	Método Mohr
Calcio como Ca <sup>++</sup>	mg/L	29.60	30.50	52.00	Volumétrica
Sulfatos como SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/L	42.52	42.60	57.50	Turbidimétrica
Temperatura	°C	16.4	16.5	16.4	Potenciómetro
<b>PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS</b>					
Coliformes Totales	NMP/100ml	3	3	4	Número más probable
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	<3	<3	<3	Número más probable

Puno, C.U. 17 de JUNIO del 2025  
VºBº



ING. SILVANA MONTES NUORA  
ANALISTA LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIG - UNA



Dr. Teófilo Donaires Flores  
DECANO DE LA F.I.Q.  
UNA - PUNO

---

\* El LCC-FIQ no garantiza la procedencia ni la buena práctica de toma de la muestra ya que el interesado ingresa la muestra directamente al laboratorio.  
 Ciudad Universitaria Av. Floral N° 1153, Facultad de Ingeniería Química – Cel.: 944019993

Escaneado con CamScanner

#### Anexo 04: Panel fotográfico



**Figura 12:** Visualizando la zona de estudio.



**Figura 13:** Realizando la toma de muestra en uno de los pozos tubulares.



**Figura 14:** Anotando datos de la toma de muestra en uno de los pozos tubulares.



**Figura 15:** Rotulando las muestras recolectadas.



**Figura 16:** Visualizando el rotulado de los envases.