

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA CONSUMO  
HUMANO, DISTRITO DE PAUCARCOLLA, 2022**

**PRESENTADA POR:**

**CHARLES PABLO AVILA CHARCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



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



# 18.87%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 26 DEC 2023, 6:53 PM

## Similarity report

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

● IDENTICAL  
3.28%

● CHANGED TEXT  
15.58%

## Report #19221653

CHARLESPABLO AVILA CHARCA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA CONSUMO HUMANO, DISTRITO DE PAUCARCOLLA, 2022 RESUMEN La investigación presentó el objetivo de evaluar la calidad del agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022. La metodología se siguió bajo el enfoque cuantitativo, se tomaron muestra de agua de tres pozos subterráneos, por duplicado, siguiendo los protocolos del Ministerio del Ambiente, los análisis de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de Control de Calidad de la Universidad Nacional del Altiplano, tanto para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, los límites máximos permisibles fueron tomados del D.S. N° 031-2010-SA. Los resultados pH de 7.56, 7.01 y 7.47 unidades respectivamente, la temperatura de 15 °C para los tres pozos, dureza de 107.78, 94.20 y 230.86 mg/L, alcalinidad de 151.225, 152.31 y 207.61 mg/L, cloruros 88.07, 108.47 y 200.64 mg/L, sulfatos 50.82, 37.05 y 39.06 mg/L y SDT con 196.75, 226 y 187.8 mg/L, no se obtuvieron coliformes totales ni fecales, la totalidad de parámetros se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles. 2 Losparámetros físicos en agua subterránea para consumo humano se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles. Losparámetros químicos en agua subterránea para consumo humano se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles. Losparámetros microbiológicos en agua subterránea para consumo humano se encuentran por

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

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA CONSUMO  
HUMANO, DISTRITO DE PAUCARCOLLA, 2022**

**PRESENTADA POR:**  
**CHARLES PABLO AVILA CHARCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:

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

PRIMER MIEMBRO

:

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

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. JORGE ABAD CALISAYA CHUQUIMIA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Líneas de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 10 de enero del 2024.

## DEDICATORIA

La dedicatoria de este informe es para mis padres y mi familia, sin cuyo apoyo no hubiera sido posible su culminación.

## AGRADECIMIENTOS

A la prestigiosa Universidad Privada San Carlos.

A todos los directivos y docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

A los distinguidos miembros del jurado revisor, todos sus comentarios y sugerencias fueron valiosos.

A mi asesor de tesis, por todo su apoyo sin condiciones para culminar este informe.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ANEXOS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>12</b>
<b>1.2 ANTECEDENTES</b>	<b>13</b>
<b>1.3 OBJETIVOS</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>2.1 MARCO TEÓRICO</b>	<b>20</b>
2.1.1 AGUAS SUBTERRÁNEAS	20
2.1.2 EXTRACCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA	22
2.1.3 PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA	22
2.1.4 PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA	23
<b>2.2 MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>25</b>
<b>2.3 HIPÓTESIS</b>	<b>26</b>

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

<b>3.1 ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>28</b>
<b>3.2 TAMAÑO DE MUESTRA</b>	<b>29</b>
<b>3.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	<b>29</b>
3.3.1 MUESTREO DE AGUA	29
3.3.2 METODOLOGÍA PRIMER OBJETIVO: EVALUAR LOS PARÁMETROS FÍSICOS SEGÚN LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP) EN AGUA SUBTERRÁNEA PARA CONSUMO HUMANO	31
3.3.3 METODOLOGÍA SEGUNDO OBJETIVO: ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS PARA EL SEGUNDO OBJETIVO	31
3.3.4 METODOLOGÍA TERCER OBJETIVO: ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS PARA EL TERCER OBJETIVO	33
<b>3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>34</b>
<b>3.5 MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>35</b>

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

<b>4.1. PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA</b>	<b>36</b>
<b>4.2. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA</b>	<b>38</b>
<b>4.3. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA</b>	<b>41</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>43</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>44</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>45</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>49</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 01:</b> Límites Máximos Permisibles para agua potable	25
<b>Tabla 02:</b> Diseño de las muestras	34
<b>Tabla 03:</b> Parámetros físicos en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.	36
<b>Tabla 04:</b> Prueba estadística de T de Student para parámetros físicos en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.	37
<b>Tabla 05:</b> Parámetros químicos en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.	38
<b>Tabla 06:</b> Prueba de T de Student para parámetros químicos en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.	39
<b>Tabla 07:</b> Parámetros microbiológicos en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Ubicación geográfica de la zona de estudio (fuente google maps)	29
<b>Figura 02:</b> Registrando información del pozo 1	57
<b>Figura 03:</b> Tomando muestra de agua del pozo 1	57
<b>Figura 04:</b> Tomando muestra de agua del pozo 2	58
<b>Figura 05:</b> Tomando muestra de agua del pozo 2	58
<b>Figura 06:</b> Tomando muestra de agua del pozo 3	59

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia	49
<b>Anexo 02:</b> Resultados de laboratorio	51
<b>Anexo 03:</b> Panel fotográfico	57

## RESUMEN

La investigación presentó el objetivo de evaluar la calidad del agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022. La metodología se siguió bajo el enfoque cuantitativo, se tomaron muestra de agua de tres pozos subterráneos, por duplicado, siguiendo los protocolos del Ministerio del Ambiente, los análisis de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de Control de Calidad de la Universidad Nacional del Altiplano, tanto para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, los límites máximos permisibles fueron tomados del D.S. N° 031-2010-SA. Los resultados pH de 7.56, 7.01 y 7.47 unidades respectivamente, la temperatura de 15 °C para los tres pozos, dureza de 107.78, 94.20 y 230.86 mg/L, alcalinidad de 151.225, 152.31 y 207.61 mg/L, cloruros 88.07, 108.47 y 200.64 mg/L, sulfatos 50.82, 37.05 y 39.06 mg/L y SDT con 196.75, 226 y 187.8 mg/L, no se obtuvieron coliformes totales ni fecales, la totalidad de parámetros se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles. Los parámetros físicos en agua subterránea para consumo humano se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles. Los parámetros químicos en agua subterránea para consumo humano se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles. Los parámetros microbiológicos en agua subterránea para consumo humano se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles. Se concluye que la calidad del agua subterránea es apta para el consumo humano en el distrito de Paucarcolla.

**Palabras clave:** agua, subterránea, calidad, límites permisibles, potable.

## ABSTRACT

The research presented the objective of evaluating the quality of groundwater for human consumption in the district of Paucarcolla, 2022. The methodology was followed under the quantitative approach, water samples were taken from three underground wells, in duplicate, following the Ministry's protocols. of the Environment, the laboratory analyzes were carried out in the Quality Control Laboratory of the National University of the Altiplano, for both the physical, chemical and microbiological parameters, the maximum permissible limits were taken from the D.S. No. 031-2010-SA. The results were pH of 7.56, 7.01 and 7.47 units respectively, temperature of 15 °C for the three wells, hardness of 107.78, 94.20 and 230.86 mg/L, alkalinity of 151.225, 152.31 and 207.61 mg/L, chlorides 88.07, 108.47 and 200.64 mg/L, sulfates 50.82, 37.05 and 39.06 mg/L and TDS with 196.75, 226 and 187.8 mg/L, no total or fecal coliforms were obtained, all parameters were found below the maximum permissible limits. The physical parameters in groundwater for human consumption are below the maximum permissible limits. The chemical parameters in groundwater for human consumption are below the maximum permissible limits. Microbiological parameters in groundwater for human consumption are below the maximum permissible limits. It is concluded that the quality of groundwater is suitable for human consumption in the Paucarcolla district..

**Keywords:** water, underground, quality, permissible limits, potable.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación pretende evaluar la calidad del agua subterránea que se obtienen de los pozos del distrito de Paucarcolla, puesto que las mismas son consumidas por los pobladores de la zona de manera directa, puesto que de contar con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos alterados, esta agua pondría en riesgo la salud de las personas, así como de los animales que podrían consumirlas, para ello nos guiamos de los límites máximos permisibles (LMP) emitidos según la normatividad por la Dirección General de Salud (DIGESA) para el caso del agua potable (Luna, 2008).

Por lo cual se busca inicialmente contribuir con el conocimiento sobre los parámetros del agua que proviene de pozos subterráneos, respecto a su calidad en los tres componentes que la definen (físicos, químicos y microbiológicos), mientras que en la parte aplicada el estudio será de prevención a los pobladores sobre la actualidad del agua que vienen consumiendo y de ser el caso emitir recomendaciones prácticas para potabilizarla y ser inocua para su salud.

Además, desde el enfoque económico el estudio se justifica por la contribución a la salud pública, puesto que dentro de la misma se encuentra la salud preventiva, que busca identificar situaciones potenciales de peligro en la población, como sería el caso del consumo de agua no apta, por tanto se ahorraría los costos que implica el tratamiento de enfermedades producidas por agua contaminada tanto a mediano como largo plazo. Con lo cual esperamos contribuir con un aspecto poco abordado en nuestra sociedad, puesto que se considera que el acceso al agua debe ser un derecho y este no es asumido por el Estado, por lo que la población recurre de manera obligada a fuentes alternativas, donde los organismos que deben velar por la salud de la población no asumen su rol vigilante de la calidad de estas aguas.

El agua es el recurso más importante para el sustento de la vida en el planeta, sin embargo, en ciertas zonas no siempre se halla disponible en forma de agua superficial,

por lo que los grupos humanos deben buscarla mediante la construcción de pozos subterráneos. Este tipo de agua no siempre tiene la calidad de agua necesaria para el consumo humano, puesto que su origen es diverso y las condiciones de su almacenamiento pueden afectar dicha calidad.

Actualmente el país cuenta con la normatividad respecto a los parámetros de calidad de agua destinada para consumo humano, por lo que, dentro de las competencias de los profesionales en ingeniería ambiental, se encuentra también el evaluar la calidad de los recursos hídricos, sobre todo aquellos que se destinan para el consumo humano directo.

En base a lo expresado el estudio tuvo como objetivo el evaluar la calidad del agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022, considerando que los pobladores de esta zona consumen dicha agua de forma directa, se realizaron los análisis físicos, químicos y microbiológicos pertinentes, siguiendo el D.S. N° 031-2010-SA, en donde se especifica los parámetros y los valores que deben presentar para ser considerada apta para su consumo humano.

El informe se ha desarrollado de manera que el primer capítulo contiene el planteamiento del problema, los antecedentes y los objetivos que guiaron el estudio, en el segundo Capítulo se detallan el marco teórico y conceptual, además de las hipótesis formuladas, en el tercer capítulo se informa sobre la metodología de la investigación, mientras en el cuarto capítulo se presenta la exposición y análisis de los resultados, en la parte final se exponen las conclusiones, recomendaciones, la bibliografía y los anexos pertinentes.

## CAPÍTULO I

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

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es vital para la propia sobrevivencia del hombre y su disponibilidad se considera un derecho, sin embargo, a nivel mundial en muchas partes del mundo su calidad no es la que se requiere para el consumo humano, por lo que se debe recurrir a otras fuentes de agua como son las subterráneas, tanto para el consumo como para la preparación de alimentos y para limpieza personal y vestimentas. Así mismo en el mundo un 21% se encuentra almacenado en el subterráneo y puede ser extraída mediante pozos, pero en muchos casos esta agua no presenta la calidad requerida para ser consumida de manera directa (Vence et al., 2018).

En el caso del Perú también se hace uso del agua subterránea, pero en muchos casos la calidad del agua no es la apropiada para ser consumida por el ser humano, por lo que podría causar problemas de salud diversos por su consumo. En este sentido la Dirección General de Salud Ambiental en el año 2000, generó el denominado “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”, la cual permite identificar que se viene

de la región Puno Esparza (2005) indica que estudios han determinado que alrededor del 30% de la población en la ciudad de Juliaca se abastece de agua de pozos, debido a que la empresa encargada de la red de alcantarillado público no les brinda este servicio, además se conoce que esta agua es consumida de forma directa sin ningún tratamiento

previo ni tampoco con algún tipo de análisis que señale su aptitud para ser considerada potable, por lo general estos pozos son tubulares es decir perforaciones que por medio de una bomba permiten extraer el agua de diversas profundidades.

Hasta el momento de formular esta propuesta de investigación en el distrito de Paucarcolla, no se reporta estudios específicos que hayan evaluado la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas que son obtenidas para consumo humano de pozos (subterránea), por lo que consideramos relevante realizar una evaluación de dichas aguas para contribuir con el conocimiento en términos prácticos, para prevenir problemas de salud como intoxicaciones por el consumo de algunos elementos nocivos, así como por la posible infección por coliformes termotolerantes.

## **Formulación del problema**

### **Problema general**

¿Cuál es la calidad del agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022?

### **Problemas específicos**

- ¿Qué parámetros físicos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022?
- ¿Qué parámetros químicos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022?
- ¿Qué parámetros microbiológicos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022?

## **1.2 ANTECEDENTES**

### **A nivel internacional**

Amarilla et al. (2018) en la investigación “Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua de consumo en la zona aledaña al cementerio de Minga Guazú, Paraguay, 2018”,

señala que el agua de pozos en cercanías de los parques cementerios pueden ocasionar problemas de salud pública, puesto que los lixiviados producidos por descomposición de los cadáveres, puede infiltrarse hasta los bolsones de aguas subterráneas. De 13 muestras de agua de pozo se obtuvo presencia de coliformes totales y fecales que superaron los límites establecidos por la normatividad para esta categoría de agua (potable), sin embargo una muestra estuvo exenta de contaminación microbiológica (coliformes fecales), así también se determinó que nueve muestras presentaron una carga de mesófilos aerobios superior al límite establecido, para la presencia de hongos y levaduras se determinó una sola muestra y nueve con altos contenidos de sulfitos, las 14 muestras presentaron valores dentro del rango para pH, sólidos disueltos totales, alcalinidad total, dureza total, Calcio y Magnesio; pero 14 presentaron conductividad fuera de lo establecido. La elevada cantidad de microorganismos en las muestras de agua se atribuye a contaminación por lixiviados, lo que potencialmente podría poner en riesgo la salud de la población, por lo que la recomendación inicial es potabilizar el agua y hervirla antes de consumirla de manera directa.

Alcívar et al. (2017) en su estudio "Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos", señala que se llevó a cabo un análisis de la calidad del agua de pozos, para hacer una evaluación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos respecto a la normatividad vigente en su país (TULSMA libro VI), para evidenciar la calidad del agua que consumen los pobladores de este ámbito de estudio. Los resultados de laboratorio mediante las técnicas estándar para dichos parámetros, señalan valores que ligeramente superan los límites máximos preestablecidos en la norma TULSMA pero solo para algunos de los parámetros, como la dureza, sólidos disueltos totales, sulfato, hierro, coliformes totales, mientras que el pH, color, sabor y manganeso y otros, se encontraron dentro de lo considerado normal para esta categoría de agua. De los pozos que fueron muestreados se obtuvo que el pozo No. 3 y 4 correspondiente al tramo centro y sur de la parroquia La Rule son los que evidenciaron

una ligera contaminación. Finalmente, el autor realiza recomendaciones a la autoridad encargada de este sector para ejecutar campañas de saneamiento básico, así como realizar una planificación de evaluación constante de la calidad del agua de estos pozos, puesto que el agua de los mismos es utilizada para consumo humano directo.

Chibinda et al. (2017) en la investigación “Characterization for physicochemical methods and evaluation of the quantitative impact of the waters of the Well the Limestone Quarryn”, señala que en este estudio se realizó una evaluación del agua proveniente de pozos en el ámbito de estudio (“La Calera”), en la Provincia de Santiago de Cuba. Se ubicaron 2 estaciones de muestreo (Pozos I y II). Se realizaron en total 12 muestras, analizando en total 26 parámetros físico-químicos, además del análisis microbiológico tanto para coliformes totales y fecales. Los resultados del análisis de laboratorio se siguieron según las normas estándares y evaluándose respecto a las normas legales existentes para la categoría de agua potable. Los resultados indican que estas aguas no son aptas para ser utilizada como agua potable ni para abasto, puesto que se determinó que algunos parámetros evaluados superaron los límites establecidos (Normas Cubanas, NC 827-2010 “Agua Potable” y la NC 1021: 2014), estas fueron el contenido de nitrato, nitrito, amonio entre otros; además se identificó la presencia de bacterias coliformes totales y fecales.

Sonora et al. (2017), para la calidad sanitaria del agua de pozos en sus resultados reflejan que el total de muestras presentaron contaminación microbiana y ausencia de cloro residual. El 21.7% tuvieron  $\geq 200$  UFC mL<sup>-1</sup> para BMA y el 50.9% y 39.6% contaminación por CT y CF; el 8.5% de las muestras tuvieron presencia de *Escherichia coli*; el patógeno *Salmonella* spp., estuvo ausente.

### **A nivel nacional**

Molina (2018) en su tesis “Propuesta de uso del agua subterránea del distrito de Uraca-Coribe para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros

fisicoquímicos y microbiológicos”, los resultados del análisis de las aguas en lo que respecta a los parámetros fisicoquímicos, se determinó que los sólidos totales disueltos presentan 1043 mg/L el cual está por encima de lo recomendado en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano señalado e el DS N°031-2010-SA, así también la Dureza Total con 540,69 mg/L CaCO<sub>3</sub> supera los 500 mg/L establecidos por la norma técnica, Los Sulfatos con 432,10 mg/L SO<sub>4</sub> superan lo establecido en la norma nacional, que indica límite de 250 mg/L SO<sub>4</sub>. En lo referente a la evaluación microbiológica se obtuvo que el recuento señala 23,00 NMP/100mL los Coliformes Totales y Coliformes fecales que superan los valores señalados por el DS N° 031-2010-SA. de  $\leq 1.8$  NMP /100mL.

Apolinario & Araujo (2018) en su tesis “Evaluación de la calidad del agua subterránea en 12 asentamientos humanos en los distritos de Calleria y Yarinacocha, Provincia Coronel Portillo, Departamento Ucayali, 2017”, señala que se siguió la toma de muestras guiándose del protocolo de los métodos de análisis de parámetros físico – químicos y microbiológicos proporcionados por el laboratorio de la empresa Emapacop S.A. Los parámetros del agua analizados fueron: pH, temperatura, conductividad, sólidos totales disueltos, turbidez, color, hierro, coliformes termotolerantes y coliformes totales. Los resultados evidenciaron que algunos de los 12 pozos no presentan la calidad de agua según las normas vigentes para este tipo de agua (D.S.N°031-2010-S.A), esto para las propiedades de los parámetros turbiedad, color y hierro. En lo microbiológico 9 pozos se superó los límites máximos permisibles regulados por la normatividad, específicamente para coliformes totales y en 8 pozos los coliformes termotolerantes también superaron los límites establecidos, siendo el pozo 7 el que registró el mayor recuento de coliformes totales y termotolerantes 138 UFC/100 ml y 106 UFC/100 ml respectivamente, evidenciando niveles de contaminación importante. En relación a las posibles fuentes de contaminación en la zona, solo en 7 asentamientos humanos se identificó la presencia de

letrinas, pozos sépticos y caños naturales que son utilizados para descargar aguas servidas.

Legua et al. (2016) en el estudio “Evaluación de las fuentes de aguas subterráneas y la situación actual de su almacenamiento y calidad en el distrito de Vegueta 2012 – 2013”, indica como resultados la existencia de un recuento de coliformes totales y fecales que exceden lo estipulado en la normatividad vigente en el Perú, se evidencia que aquellos pozos que son controlados por los mismos pobladores presentaron un mayor nivel de contaminación, atribuible a las malas prácticas al extraer el agua y en los pozos de mayor profundidad por el deterioro de las tapas que los cubren, mientras que para otros parámetros el agua contiene mayor concentración de nitratos a lo recomendado por la Norma Técnica Peruana (NTP) para agua potable de consumo humano (45 mg/L) atribuible a procesos de lixiviación de materia orgánica y fertilizantes en los alrededores, por lo que se recomienda tomar medidas sanitarias de protección de los pozos y de ser posible un proceso de potabilización.

### **A nivel local o regional**

Curo (2017) en la tesis “Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno, 2016”, los resultados fueron para coliformes totales 360.0UFC/100ml en la parcialidad de Collana I a un mínimo de 82.3UFC/100ml en la parcialidad de Collana II, coliformes termotolerantes con 3.3UFC/100ml Collana II a un mínimo de 0.3UFC/100ml en Yasín, excediendo los límites máximos permisibles para agua potable (D.S. 031-2010 DIGESA), el pH en Yasín fue 7.8 y en Faón de 6.9 a 7.3 pH, turbiedad entre 3.0 - 2.0 UNT en Collana I y de 1.7 - 1.6 UNT en Faón, conductividad eléctrica en Collana I, Faón y Yasín (2448.3, 2037.3, 1660.7  $\mu$ S/cm respectivamente), exceden los LMP y Collana II de 1347.3  $\mu$ S/cm, sólidos totales disueltos fueron de 1224.0 a 1045.3 mg/l en Collana I, 673.3 a 635.3 mg/l en Collana II, dureza total 408.3 mg/l en Collana I y en Collana II 264.4 mg/l, (P=0.8391), alcalinidad

408.3 mg/l en Collana I y 264.4 mg/l en Collana II, cloruros fueron de 168.1 mg/l en Faón y 91.6 mg/l en Yasín, Se concluye que la calidad de agua de pozos para consumo humano en cuatro parcialidades del distrito de Huata, se evidenció mala calidad del agua, debido a que los parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, exceden en las parcialidades de Collana I, Faón e Yasín, sólidos totales disueltos, hierro y cobre en la parcialidad de Collanal.

Quispe (2017) en la tesis “Calidad bacteriológica y físico-química del agua de seis manantiales del distrito de Santa Rosa-Melgar”, los resultados indican temperatura del agua con 10.36 °C y 8.70 °C, el pH más elevado fue en Yuraq Unu con 8.20 pH y el más bajo en Uno Pata con 7.22, dentro de lo normal, la dureza total fue mayor en Ch’akipata con 106.78 mg/L y menor en Cóndor Wachana con 56.77 mg/l; la alcalinidad resulto mayor en Ch’iartita con 32.89 mg/l el mínimo en Cóndor Wachana con 7.62 mg/l; los cloruros presentaron máximo en Ch’iartita con 32.89 mg/l, el valor mínimo en Cóndor Wachana con 7.62 mg/l, ( $P > 0.05$ ), para la turbiedad se obtuvo en Qayqu 6.50 UNT y un valor mínimo en Uno Pata 3.83 UNT, también dentro del rango normal. En lo microbiológico los coliformes totales fue mayor en Qayqu con 330 NMP/100ml y más bajo en Yuraq Unu con 43,33 NMP/ 100ml, para coliformes fecales el valor más alto fue en Qayqu con 30.00 NMP/ 100 ml y el valor más bajo en Yuraq Unu con  $< 3$  NMP/100 ml, los cuales exceden los límites normados, por tanto esta agua de los pozos no presentan aptitud para el consumo humano.

Trigos (2017) en el estudio “Calidad Bacteriológica y físico - química del agua de consumo humano del Centro Poblado de Alto Puno”, sus resultados indican que el promedio en la zona norte fue 5.44 CT NMP/100 ml de muestra analizada, ausencia en la zona centro y sur. En relación al índice de coliformes fecales, el promedio más alto se determinó en la zona norte con 1.68 Coliformes fecales NMP/100 ml de muestra analizada y un valor cero en la zona centro y sur. Los parámetros físico químicos de agua de consumo humano en el Centro Poblado para pH, el valor obtenido en la zona centro

fue de 7.88 unidades, la zona norte con un valor cercano 7.86 y la zona sur con un registro de 7.71 unidades de pH, indicando valores ligeramente alcalinos. Conductividad eléctrica para la zona centro el valor es de 1449 $\mu$ s/cm, con un valor medio en la zona sur de 1420  $\mu$ s/cm y un valor mínimo en la zona norte de 1091  $\mu$ s/cm. Para sólidos disueltos totales, el máximo valor obtenido en la zona centro fue de 725.38 mg/l, un valor medio en la zona sur de 689.15 mg/l y un valor mínimo en la zona norte de 622.37mg/l. Dureza total con un valor máximo en la zona centro de 331.43 mg/l, un valor medio en la zona sur de 315.79 mg/l y un valor mínimo en la zona norte de 227.26 mg/l. Los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Evaluar la calidad del agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.

#### **Objetivos específicos**

- Evaluar los parámetros físicos según los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.
- Valorar los parámetros químicos según los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.
- Examinar los parámetros microbiológicos según los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.

## CAPÍTULO II

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

#### 2.1 MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las aguas denominadas subterráneas se definen como aquellas masas de agua que se hallan por debajo de la superficie del suelo (Amarilla et al. 2018), su origen por lo general es la misma agua proveniente de la precipitación pluvial, de la nieve, lagos, lagunas y ríos, que se infiltra como parte del ciclo hidrológico, es decir cuando el suelo se encuentra saturado por agua tiende a buscar donde depositarse, lo cual se produce por la propia fuerza de la gravedad y la fisiografía, formando así los denominados bolsones de agua subterránea (Aguilar, 2005).

Estas aguas se encuentran en los denominados acuíferos, que son formaciones geológicas porosas, en donde el agua se encuentra confinada, pero siempre con conexiones con el agua superficial (Apaza y Calcina, 2014). Las cantidades de agua que se almacenan están estructuras están sujetas también a las condiciones meteorológicas, así como de la cantidad de agua extraída y del tiempo de recarga, este último proceso se produce cuando es la época de lluvia en la zona, mientras que en la época de estiaje se suele reducir el volumen de manera considerable (Quispe, 1994).

## Clasificación

Existen varias formas de clasificar el agua subterránea, sin embargo las dos más difundidas son aquellas que consideran el ciclo hidrológico y la ubicación o zona en que se encuentran, así tenemos que por su participación en el ciclo hidrológico pueden ser (Galindo, 2018):

- Aguas meteóricas: son las aguas que una vez infiltradas en el subsuelo, son tomadas por las raíces de la planta por el proceso de absorción y posteriormente como parte del proceso son transpiradas a la atmósfera y zonas de descarga como los manantiales, ríos, lagos, etc.
- Aguas fósiles: son aguas de naturaleza salina, que se encuentran en confinamiento por un proceso de acumulación geológica, estas no forman parte del ciclo hidrológico.
- Aguas juveniles o magmáticas: son aquellas aguas que tienen su origen en zonas particularmente profundas, que en circunstancias particulares podrían ser incorporadas al ciclo hidrológico, por ejemplo, cuando se producen erupciones de volcanes o en las zonas de géiseres.

Mientras que respecto a la zona donde las aguas subterráneas se ubican, se puede distinguir dos grupos (Soriano, 2018):

- Aguas edáficas: aquellas aguas que serán utilizadas básicamente por las plantas, puesto que se ubican en la zona de aireación del suelo. Esta agua se halla retenida por la capacidad de capilaridad entre las partículas que forman el suelo, esta agua cumple un rol fundamental para el desarrollo de las plantas.
- Aguas freáticas: aguas subterráneas que se ubican en la zona de saturación del suelo, cuando se perfora es la primera que aflora y también es susceptible al proceso de contaminación por las actividades humanas.

El agua subterránea cumple un papel muy importante, entre ellas se tiene para el riego de los cultivos que significa un 43% del agua destinada a riego en el mundo y la industria de producción de alimentos (Chibinda y Pérez, 2017). También se conoce que representa hasta una tercera parte del agua que es destinada para el consumo humano, esto condiciona que el agua debe presentar la calidad requerida para ser consumida por el ser humano (Rodríguez, 2007).

## **2.1.2 EXTRACCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

### **Pozos artesianos**

Se caracterizan porque alcanza un manto cautivo de agua, de manera que como el nivel freático del líquido se halla por encima de la superficie del pozo, el agua fluye por sí sola puesto que el agua tiende a alcanzar el gradiente a nivel donde tiene su origen, en este tipo de pozos la ventaja es que no se requiere de ninguna energía adicional para obtener el agua (Apaza & Calcina, 2014).

### **Pozos tubulares**

Son obras de ingeniería, para alcanzar el agua confinada a considerables profundidades, se debe perforar mediante una sonda, hasta alcanzar el acuífero, los diámetros varían y se requiere de energía adicional para extraer el agua (Esparza, 2005). Por lo general mediante una bomba de impulsión, se requiere para su diseño de estudio de hidrogeología y de las necesidades para calcular el volumen de aporte del pozo como lo señala Huerta (2009).

## **2.1.3 PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA**

### **a. Demanda biológica de oxígeno**

Con la denominación de DBO<sub>5</sub>, es definida como la cantidad de oxígeno, expresada en mg/L, que se requiere para realizar el proceso oxidativo biológico de los componentes de las aguas residuales en un periodo de cinco días de incubación bajo condiciones

específicas de laboratorio, se efectúa por la medición de la concentración de oxígeno, para conseguir la descomposición por acción bacteriana, en un período de incubación de cinco días a una temperatura de 20°C. Mide el oxígeno disuelto, utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica (SUNASS, 2003).

#### **b. Demanda química de oxígeno**

Denotado como DQO, este parámetro mide la cantidad de oxígeno que se necesita para producir la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua, para ello se emplea un oxidante, como el Dicromato de Potasio, el análisis del mismo se realiza en el plazo de 3 horas y tiene relación con la DBO. La diferencia entre ambos análisis es que la DQO no distingue entre la materia biodegradable y el restante, por lo que su valoración no permite identificar la velocidad de degradación bajo condiciones normales, por lo que siempre el valor de la DQO será superior a la DBO, puesto que ambas son expresadas en mg/L. Se utiliza este parámetro para medir la cantidad de materia orgánica en las aguas residuales, atribuibles solamente a reacciones químicas, en donde la composición del agua incluye materia orgánica e inorgánica con capacidad de ser oxidadas, por lo que se expresa en el oxígeno disuelto que se requiere para oxidar la materia, utilizando un agente químico (Oscoco, 2019).

### **2.1.4 PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA**

#### **a. Temperatura**

Es la propiedad física que se refiere a las nociones comunes de calor o ausencia de calor, además en el caso del agua está influenciada por la temperatura ambiental, es de suma importancia al evaluar la calidad de agua debido a que influye en la aceleración o retraso de la actividad biológica, también tiene efectos en la disponibilidad del oxígeno disuelto, así como en la precipitación de algunas sustancias, en los procesos de desinfección, en la floculación, filtración y otros (Molina, 2018).

## **b. Sólidos totales en suspensión**

Cuando en el agua se presentan sólidos que por su escaso peso no pueden precipitarse, estos se hallan en suspensión en el medio líquido, este peso se encuentra entre las 2.00 Um. o menos, este parámetro está relacionado con otros como la conductividad eléctrica. Por lo general el origen de estos sólidos son el producto de la erosión de los suelos, el detritus de origen orgánico e incluso el plancton. Los sólidos están formados básicamente por virus, limo y arena cuyo tamaño es muy pequeño, se les distingue por el cambio de color que toma el agua y también por el cambio de sabor y olor, su importancia radica en el cumplimiento de la normatividad vigente para su vertimiento en cuerpos de agua (Robles et al., 2013).

## **c. Potencial hidrógeno (pH)**

Este parámetro del agua permite identificar si la misma es de naturaleza ácida, neutra o básica, se mide en función de los iones hidrógeno en el agua, el agua pura tiene un pH cercano a 7 unidades, de existir variaciones se debe sospechar de la contaminación por metales pesados o de otras sustancias de origen antrópico. La medición de este parámetro se debe realizar de preferencia en el mismo lugar de toma de muestra, la escala de valoración va de 0 a 14 unidades, cuando el valor es menor de 7 se puede señalar la presencia de sustancias ácidas, mientras que cuando se hallan por encima de 7 indican que el agua es básica, en términos técnicos se considera la alcalinidad o acidez titulable, los cuales tienen importancia por encima de 9,6 y por debajo de 4,4 unidades de pH (MINAM, 2016).

## **Parámetros microbiológicos**

### **a. Coliformes termotolerantes**

Se definen como el grupo de organismos coliformes que presentan la capacidad para fermentar la lactosa a una temperatura de 44 a 45°C, comprenden un grupo muy

reducido de microorganismos, mediante cuyo conteo se determina la calidad microbiológica del agua (DIGESA, 2011), considerando que su origen es fecal debería estar ausente en la mayoría de categorías de agua, por lo general está formado por el microorganismo del género *E. coli*. Los coliformes fecales integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian de los demás microorganismos que hacen parte de este grupo, que son indol positivo, su rango de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio (hasta 45°C) y son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, ya que las heces contienen dichos microorganismos, presentes en la flora intestinal y de ellos un 90% y un 100% son *E. coli* mientras que en aguas residuales y muestras de agua contaminadas este porcentaje disminuye hasta un 59% (Ramírez et al. 2009).

### Límites Máximos Permisibles para agua potable

**Tabla 01:** Límites Máximos Permisibles para agua potable

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible
Temperatura	°C	<35
Ph	Valor de pH	6.5 a 8.5
Sólidos totales disueltos	mgL <sup>-1</sup>	1000
Demanda química de oxígeno	mgL <sup>-1</sup>	200
Demanda bioquímica de oxígeno	mgL <sup>-1</sup>	100
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL a 44,5°C	0

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

**Calidad del agua:** conjunto de características físico químico y biológico que deben satisfacerse con la finalidad de que el agua que se suministra sea segura para el fin destinado.

**Caudal:** la cantidad de agua que fluye o circula a través de una sección por unidad de tiempo, se expresa por lo general en litros por segundo u otras unidades de volumen y tiempo.

**Demanda química de oxígeno:** es la cantidad de oxígeno que se requiere para realizar el proceso de oxidación de la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas tanto del agente oxidante, temperatura y tiempo.

**pH:** potencial de hidrógeno, señala la concentración de iones de hidrógeno  $[H]^+$  que está presente en disolución, mide el grado de acidez de una solución, varían en una escala que va de 0 hasta 14.

### **Normativa legal**

Ley de los recursos hídricos N° 29338, regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a ésta.

Decreto legislativo N° 1185, es necesario aprobar medidas que permitan garantizar las reservas de aguas subterráneas y su calidad.

## **2.3 HIPÓTESIS**

### **Hipótesis general**

La calidad del agua supera los límites máximos permisibles (LMP) en el agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.

### **Hipótesis específicas**

- Los parámetros físicos superan los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.

- Los parámetros químicos superan los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.
- Los parámetros microbiológicos superan los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 ZONA DE ESTUDIO

El distrito de Paucarcolla se halla ubicado en la provincia de Puno, en la región Puno, en términos de geo referenciación se ubica entre las coordenadas de 5°44'46"S 70°03'31"O / -15.7462244, -70.0585486, a una altitud promedio de 4,847 msnm. La temperatura del ambiente fluctúa entre los 3 °C en los meses fríos (invierno) y 15 °C en los meses de verano, el promedio anual de temperatura ambiental es de 7 °C, mientras que la precipitación pluvial anual acumulada es de 400 a 688.33 mm.

Coordenada Pozo 1: S15° 95' 47.10888" W 70° 3' 41.27544"

Coordenada Pozo 2: 15° 45' 48.93156" W 70° 3' 49.42044"

Coordenada Pozo 3: 15° 45' 50.22288" W 70° 3' 38.20104"

**Población beneficiaria:** Los pobladores que hacen uso de los pozos, para conocer la calidad de agua que viene consumiendo.



**Figura 01:**Ubicación geográfica de la zona de estudio (fuente google maps)

### 3.2 TAMAÑO DE MUESTRA

#### Población y muestra

**Población:** La población de estudio estuvo formada por la totalidad de pozos subterráneos en el distrito de Paucarcolla, que al momento son seis, los cuales son utilizados para obtener agua para consumo humano.

**Muestra:** Por la naturaleza del estudio se tomó la muestra en tres pozos de agua en el distrito en estudio, además de dos repeticiones por cada pozo para una mayor confiabilidad de los resultados.

### 3.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS

#### 3.3.1 MUESTREO DE AGUA

##### Toma de muestras de agua

Se siguió para la toma de muestras de agua lo recomendado por el Ministerio del Ambiente en el manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados:

muestreo de aguas subterráneas, según la norma ABNT 15.847 de 2010 y que fueron adaptadas de las normas ASTM D 6452:1999 y ASTM D 4448:2001. Para tomar la muestra se realizará bajando el frasco dentro del pozo hasta una profundidad de 15 a 30 cm. desde la superficie libre del líquido, evitando en todo momento tocar las paredes del pozo (MINAM, 2016).

Se utilizó frascos de plástico de primer uso, debidamente desinfectados y de preferencia de boca ancha, en el caso del volumen de la muestra este debe ser según el tipo de análisis al cual fue referido, se enjuagó el frasco con la misma agua y la segunda fue consignada como la muestra para análisis. Una vez tomadas las muestras se realizó su traslado hacia el laboratorio, para lo cual se utilizó un cooler que mantuvo la temperatura baja (entre 4 a 6 °C) para evitar procesos de degradación, además se dispuso de bolsas de burbujas entre los frascos para evitar su rompimiento accidental.

La información que se consignó en cada muestra fue:

- Puntos de muestreo bien definidos
- Código numérico de la muestra.
- Fecha y hora de toma de muestra.
- Lugar de toma de muestra.
- Coordenadas UTM
- Nombre completo y firma del personal que tomó la muestra.
- Observaciones adicionales de ser necesario.

Las muestras recogidas fueron trasladadas al laboratorio de calidad ambiental para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos respectivos, los cuales se realizaron sin superar las 24 horas luego de la toma de muestra.

### 3.3.2 METODOLOGÍA PRIMER OBJETIVO: EVALUAR LOS PARÁMETROS FÍSICOS SEGÚN LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP) EN AGUA SUBTERRÁNEA PARA CONSUMO HUMANO

Estas mediciones se realizaron de manera directa en el mismo momento de la toma de muestra en los pozos, mediante la utilización de un equipo multiparámetro.

#### Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T.)

- Se procedió al lavado de las membranas a utilizarse para tener la seguridad de la no presencia de alguna partícula restante, se colocaron los mismos por un tiempo de 30 minutos en un horno manteniendo la temperatura a 104 grados centígrados, luego de este proceso se retiraron las membranas en un desecador y se procedió a su pesaje, este paso se realizó por varias veces hasta obtener un peso constante.
- Se filtró la muestra en volumen de 100 mL, para lo cual se utilizó los filtros ya secados.
- Se puso cada filtro en su propio recipiente de aluminio y secar cada uno en un horno por una hora a 104 °C. Enfriar el filtro y el recipiente en un desecador y pesar.
- Se repitió todo el proceso hasta obtener un peso promedio constante y se obtuvo el valor de los TSS.

#### Cálculos

$$TSS \text{ mg/L} = \frac{(\text{Peso promedio después de filtrar en g} - \text{Peso promedio antes de filtrar en g})(1000 \text{ mg/g})}{\text{Volúmen de la muestra de agua en L}}$$

### 3.3.3 METODOLOGÍA SEGUNDO OBJETIVO: ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS PARA EL SEGUNDO OBJETIVO

#### Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Primero se tomó una muestra inicial, la cual se realizó por diluciones y se agita vigorosamente la muestra hasta conseguir una muestra homogeneizada, luego se

trasladó hacia un vaso beaker, en este proceso se debe mantener el pH entre 6.5 a 7.5 unidades, luego se preparan cuatro botellas Winkler las cuales deben estar debidamente rotuladas, poniendo particular cuidado en el día y la hora de inicio del análisis, en cada botella se dispuso una cantidad igual de muestra, en cada una se adicionó la cepa en volumen de 2 mL. Al momento de realizar las lecturas se realizaron por el medio de las botellas para que el electrodo entre en contacto con la muestra, buscando que no se realice intercambio de oxígeno, se registró los resultados y la muestra fue incubada a 20 °C por el tiempo de cinco días, luego de transcurrido este tiempo se procedió a la segunda lectura del oxígeno, el resultado se anotó y se procedieron con los cálculos.

### Cálculos

$$DBO_5, mgO_2/L = \frac{(OD \text{ consumido} - OD \text{ consumo cepa})}{V_m} * V$$

Donde:

OD: consumido:  $OD_i - ODr$

OD: consumo cepa:  $OD_i (\text{agua de dilución} + \text{cepa}) - ODr (\text{agua de dilución} + \text{cepa})$

V = Volumen de la botella Winkler, que el valor promediado es de 293 ml.

$V_m$  = Volumen de alícuota de la muestra afectado por el factor de dilución.

### Determinación de Demanda Química de Oxígeno (DQO)

#### Digestión de la muestra

Según Quispe (1994), primeramente, se realizó el precalentamiento del digestor hasta alcanzar los 150 °C. Se procedió a preparar los blancos, tomando 2.5 mL de agua ultrapura en un tubo digestor, se incorporó 1.5 mL de solución de digestión, además de 3.5 mL de ácido sulfúrico, teniendo cuidado de adicionar gota a gota por las paredes del tubo, se taparon los tubos y agitados por varias veces, el número de tubos para el blanco deben ser seis, tres de ellas fueron remitidas al proceso de digestión, mientras que las restantes no fueron procesadas. Las muestras fueron procesadas en el proceso de

digestión, tapándose herméticamente y agitándose. La temperatura para el inicio de la digestión se verificó que se encuentre a 150 °C, el tiempo de digestión de la muestra debe ser de 2 horas, luego de él mismo los tubos se extrajeron y enfriaron en las gradillas. Se transfirió cuantitativamente el contenido de cada tubo a un erlenmeyer de vidrio marcado previamente con el número de muestra, así como del blanco o control.

### Valoración del titulante

- Para la lectura de los resultados se tomó la misma en todos los tubos analizados, toda la muestra fue transferida en su totalidad a un erlenmeyer de capacidad de 300 mL, en este proceso se realizó un lavado hasta conseguir la totalidad de la muestra, luego se adicionó las dos gotas del indicador ferroína y proceder a su homogeneización con el agitador magnético.
- Se procedió a realizar la titulación con el FAS aprox 0,04 N (si usó dicromato 0.025 N ó 0.10 N) o aprox. 0.10 N (si usó dicromato 0.25N). Se verificó el punto de titulación por el viraje de color que era inicialmente azul verdoso hasta conseguir un café rojizo.

### Cálculos

$$DQO \text{ como } mgO_2/L = \frac{(A-B)*N*8*1000}{mL \text{ de muestra}}$$

Donde:

A = Promedio de mL de FAS utilizado para los blancos digeridos

B = mL de FAS utilizado para la muestra

N = Normalidad del FAS

8 = Peso equivalente del Oxígeno.

### 3.3.4 METODOLOGÍA TERCER OBJETIVO: ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS PARA EL TERCER OBJETIVO

Este análisis se realizó en laboratorio de microbiología, siguiendo la normatividad vigente para dichos elementos (DIGESA. (2011).

**Tabla 02:** Diseño de las muestras

Pozos/Repetición	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Total
Repetición 1	1	1	1	3
Repetición 2	1	1	1	3
Total	2	2	2	6

Nota: La toma total de muestras fue de 6 según el diseño.

### 3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

**Variable:** Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua

#### Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador
Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua	Físicos	Temperatura
		Sólidos totales en suspensión
		Potencial de hidrógeno
	Químicos	Demanda química de oxígeno
		Demanda bioquímica de oxígeno
		Microbiológicos

### 3.5 MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

El diseño estadístico para las pruebas de hipótesis planteadas en la investigación, se realizaron mediante el estadístico de prueba de T de Student para una muestra (Alvarez, 2007), donde el valor de contraste fueron los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normatividad vigente para aguas potables. Los cálculos necesarios se presentan en la siguiente figura, los mismos que serán procesados en software estadístico de licencia abierta R.

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA

**Tabla 03:** Parámetros físicos en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.

	Réplica	pH	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (μS/cm)
Pozo 1	1	7.11	15	265.00
	2	8.01	15	522.00
	Media	7.56	15	393.50
Pozo 2	1	6.69	15	494.00
	2	7.32	15	409.00
	Media	7.01	15	451.50
Pozo 3	1	7.46	15	220.00
	1	7.47	15	391.00
	Media	7.47	15	305.50

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 03, se muestran los resultados de los parámetros físicos del agua subterránea, para el pH los valores de los tres pozos presentaron estuvieron cercanos a un pH neutro, para los tres pozos y sus respectivas repeticiones los valores se encontraron dentro de los límites permisibles (6.5 a 8.5). La temperatura se mantuvo estable en los tres pozos y las repeticiones con 15 °C. La conductividad eléctrica presento variaciones entre 305.50 μS/cm en el pozo 3 y de 451 en el pozo 2, los cuales se hallan dentro de los límites permisibles.

**Tabla 04:** Prueba estadística de T de Student para parámetros físicos en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.

Estadístico	Conductividad		
	pH	Temperatura	eléctrica
Diferencia	-0.15667		-1116.5
t (Valor observado)	-0.87765		-22.6535
t (Valor crítico)	2.015048		2.015048
GL	5		5
valor-p (unilateral)	0.789852		0.999998
alfa	0.05	NC	0.05

NC: No calculado por presentar valores constantes

En la Tabla 04, se presenta el resultado del análisis estadístico, comparando los valores obtenidos y el límite máximo permisible, se observa que para los tres parámetros ninguno alcanzo significancia estadística ( $p > 0.05$ ), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, es decir  $H_0$ : Los parámetros físicos no superan los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.

De los resultados del análisis presentado, se evidencia que respecto a los parámetros físicos del agua de pozos subterráneos, el agua de los mismos presenta la calidad adecuada para el consumo humano.

Sin embargo, Amarilla et al. (2018) reportó que en Paraguay las muestras de agua de pozos subterráneos presentaron valores por encima de los límites permisibles, atribuyendo dichos resultados a la presencia de lixiviados en la cercanía de los mismos, por lo que las autoridades pertinentes deben evaluar de manera permanente la calidad del agua que es destinada para el consumo humano.

Mientras que Alcívar et al. (2017), reporta que en su investigación los parámetros físicos estuvieron dentro del rango normal, sin embargo otros parámetros estuvieron alterados,

una planificación de evaluación constante de la calidad del agua de estos pozos, considerando que es bebida por los pobladores de la zona.

#### 4.2. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA

**Tabla 05:** Parámetros químicos en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.

	Replica	Dureza				
		total (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	SDT (mg/L)
Pozo 1	1	80.4	68.19	27.99	22.63	132.5
	2	135.16	234.26	148.15	79.00	261
	Media	107.78	151.225	88.07	50.82	196.75
Pozo 2	1	79.6	91.42	103.97	8.90	247
	2	108.8	213.19	112.97	65.2	205
	Media	94.20	152.31	108.47	37.05	226.00
Pozo 3	1	295.91	204.99	295.91	6.62	180.3
	1	165.8	210.23	105.37	71.5	195.3
	Media	230.86	207.61	200.64	39.06	187.80

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 05, se presentan los resultados de laboratorio para los parámetros químicos, para la dureza total los valores fluctuaron en promedio desde 94.20 mg/L en el pozo 1, hasta 230.86 mg/L promedio del pozo 3, los cuales se hallan dentro de los límites permisibles (500 mg/L). Para la alcalinidad los promedios fluctuaron entre 151.225 mg/L en el pozo 1, hasta 207.61 en el pozo 3, los cuales estuvieron dentro de los límites permisibles. Los cloruros presentaron medias entre 88.07 en el pozo 1 hasta 200.64 mg/L, los mismos que se encontraron dentro de los límites permisibles (250 mg/L). Los sulfatos presentaron medias desde 37.05 mg/L hasta 50.82 mg/L, los cuales se encuentran dentro del límite máximo permisible (250 mg/L). Los sólidos disueltos totales (SDT) fluctuaron con medias entre 187.80 mg/L en el pozo 3 hasta 226 mg/L en el pozo 2, los mismos que se hallan dentro de los límites permisibles (1000 mg/L).

**Tabla 06:** Prueba de T de Student para parámetros químicos en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.

Estadístico	Dureza				
	total	Alcalinidad	Cloruros	Sulfatos	SDT
Diferencia	-355.722	-29.62	-117.607	-207.692	-796.483
t (Valor observado)	-10.7155	-1.01842	-3.22882	-15.3398	-41.8869
t (Valor crítico)	2.015048	2.015048	2.015048	2.015048	2.015048
GL	5	5	5	5	5
valor-p (unilateral)	0.999939	0.822401	0.988382	0.999989	1
alfa	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

En la Tabla 06, se presenta el resultado del análisis estadístico, comparando los valores obtenidos y el límite máximo permisible, se observa que para los cinco parámetros ninguno alcanzo significancia estadística ( $p > 0.05$ ), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, es decir **H0**: Los parámetros químicos superan los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.

De los resultados del análisis presentado, se evidencia que respecto a los parámetros químicos del agua de pozos subterráneos, el agua de los mismos presenta la calidad adecuada para el consumo humano.

A nivel nacional Molina (2018), indica que la dureza total y los sulfatos, presentaron valores por encima de los límites máximos permisibles, evidenciando una calidad no apta para el consumo humano directo, por lo que sugiere buscar fuentes alternativas de agua para el consumo de la población de Coribe.

Mientras que Legua et al. (2016) señala que en el distrito de Vegueta halló pozos subterráneos con mala calidad de agua, siendo no apta para el consumo humano, los factores que determinan la misma es un deterioro evidente de las tapas de los pozos, que permiten el ingreso de elementos contaminantes, además se observó procesos de lixiviación de materia orgánica y fertilizantes en los alrededores.

En el distrito de Huata en la región Puno, Curo (2017) reporta que los resultados indican parámetros químicos alterados que superan los límites permisibles, por lo que dichos pozos no presentan las condiciones para proveer agua para el consumo humano, también Quispe (2017) señala que en Santa Rosa (Melgar) las muestras de agua de pozos subterráneos exceden los límites normados, por tanto, esta agua de los pozos no presenta aptitud para el consumo humano.

Finalmente en la ciudad de Puno (zona alta), Trigos (2017) reporta valores que se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por la normatividad vigente para agua potable, se evidencia pozos con buena cobertura y limpieza en sus alrededores, de dichos pozos la población consume dicha agua sin ningún tratamiento previo.

### 4.3. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA

**Tabla 07:** Parámetros microbiológicos en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.

	Réplica	Coliformes totales (UFC/100ml)	Coliformes fecales (UFC/100ml)
Pozo 1	1	0	<1
	2	0	<1
	Media	0.00	<1
Pozo 2	1	0	0
	2	0	<1
	Media	0.00	0.00
Pozo 3	1	0	<1
	1	0	<1
	Media	0.00	<1

Fuente: Resultados de laboratorio

En la Tabla 07, se muestran los resultados de laboratorio para los parámetros microbiológicos, para los coliformes totales no se obtuvo presencia de los mismos en las muestras de agua subterránea, por lo que las mismas se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (0 UFC/100ml). Para los coliformes fecales los resultados indican valores medios de <1, estando también dentro de los límites permisibles (0 UFC/100ml).

No fue posible realizar el análisis estadístico debido a que los valores reportados tanto para coliformes totales y fecales, presentan valores constantes, sin embargo, en ambos casos los valores se hallan por debajo del límite máximo permisible, por tanto, se acepta la **H0**: Los parámetros microbiológicos no superan los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.

Al respecto Trigos (2017) para la zona alta de la ciudad de Puno, indica que los parámetros microbiológicos se encuentran dentro de lo normal, mientras que Quispe (2017) en la zona rural de Puno, menciona que halló contaminación por coliformes

totales, también obtuvo valores de coliformes fecales por encima de lo normado, por tanto, esta agua de los pozos no presenta aptitud para el consumo humano.

En Ucayali Apolinario & Araujo (2018) reporta que muestras de agua provenientes de pozos, presentaron valores elevados tanto de coliformes totales como fecales, por lo que dichas aguas no son aptas para consumo humano, entre los factores que condicionan esta contaminación, menciona que se identificó la presencia de letrinas, pozos sépticos y caños naturales que son utilizados para descargar aguas servidas, lo cual no se observó en el presente estudio.

## CONCLUSIONES

**Primera:** Se determinó que la calidad del agua subterránea es apta para el consumo humano en el distrito de Paucarcolla, puesto que la totalidad de parámetros se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles, aceptando la hipótesis nula de la investigación.

**Segunda:** Se determinó que los parámetros físicos en agua subterránea para consumo humano se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles en el distrito de Paucarcolla, siendo el agua apta para su consumo por el ser humano, siendo el pH de 7.56, 7.01 y 7.47 unidades respectivamente, la temperatura de 15 °C para los tres pozos. aceptando la hipótesis nula de la investigación.

**Tercera:** Se determinó que los parámetros químicos en agua subterránea para consumo humano se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles en el distrito de Paucarcolla, siendo el agua apta para su consumo por el ser humano, siendo la dureza de 107.78, 94.20 y 230.86 mg/L, alcalinidad de 151.225, 152.31 y 207.61 mg/L, cloruros 88.07, 108.47 y 200.64 mg/L, sulfatos 50.82, 37.05 y 39.06 mg/L y SDT con 196.75, 226 y 187.8 mg/L, aceptando la hipótesis nula de la investigación.

**Cuarta:** Se determinó que los parámetros microbiológicos en agua subterránea para consumo humano se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles en el distrito de Paucarcolla, siendo el agua apta para su consumo por el ser humano, aceptando la hipótesis nula de la investigación.

## RECOMENDACIONES

**Primera:** Al ministerio de vivienda, incluir al distrito de Paucarcolla en los programas de ampliación del servicio de agua potable.

**Segunda:** A la municipalidad del distrito, capacitar a los pobladores para hacer un uso adecuado de los pozos de agua subterránea para mantener la calidad de agua para consumo humano.

**Tercera:** A la municipalidad del distrito, realizar inspecciones continuas a los pozos de agua subterránea para garantizar la calidad de agua para consumo humano.

**Cuarta:** A los pobladores del distrito de Paucarcolla, hacer un uso adecuado y sostenible del recurso de agua subterránea, puesto que la misma requiere de un proceso de reposición natural.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, K. (2005). Remoción de arsénico en aguas subterráneas de la Comarca Lagunera. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Alcívar, J., Mariscal, W., Sorroza, N., Villacres, R., García, F., & Mariscal, R. (2017). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos. *Dominio de Las Ciencias*, 3(4), 183–206.
- Alvarez, R. (2007). *Estadística aplicada a las ciencias de la salud*. (D. Do Santos, Ed.). España.
- Amarilla, J., Manera, A., Meza, F., Portillo, L., Quiñonez, M., Silva, C., ... Giménez, A. (2018). Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua de consumo en la zona aledaña al cementerio de Minga Guazú, Paraguay, 2018. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Apaza, R., & Calcina, M. (2014). Contaminación natural de aguas subterráneas por arsénico en. *Revista de Investigación Altoandina*, 16(1), 51–58.
- Apolinario, B., & Araujo, M. (2018). Evaluación de la calidad del agua subterránea en 12 asentamientos humanos en los distritos de Calleria y Yarinacocha, Provincia Coronel Portillo, Departamento Ucayali, 2017. Universidad Nacional de Ucayali.
- Chibinda, C., Arada, M., & Pérez, N. (2017). Characterization for physicochemical methods and evaluation of the quantitative impact of the waters of the Well the Limestone Quarryn. *Rev. Cubana Quím.*, 29(2), 303–321. Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v29n2/ind10217.pdf>
- Curo, M. (2017). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno, 2016. Universidad Nacional del Altiplano.

- DIGESA. (2011). Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. Lima: Ministerio de Salud. <https://doi.org/10.1130/micro18-p20>
- Esparza, M. (2005). Estudio para el mejoramiento de la calidad del agua de pozos en zonas rurales de Puno. Lima: OPS.
- Galindo, J. (2018). Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano de cuatro comunidades nativas del distrito de Constitución-Oxapampa-Pasco. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Retrieved from [http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1625/TS\\_HRP\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1625/TS_HRP_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). Metodología de la investigación. (McGRAW-HILL, Ed.) (Quinta). México.
- Huerta, G. (2009). Hidrogeoquímica de aguas subterráneas en la cuenca del estero Punitaqui, IV Región. Universidad de Chile.
- Legua, J., Gálvez, E., Ramos, R., Vélez, Y., & Fernández, F. (2016). Evaluación de las fuentes de aguas subterráneas y la situación actual de su almacenamiento y calidad en el distrito de Vegueta 2012 - 2013. *Big Bang Faustiniiano*, 5(4), 44–48. <https://doi.org/10.51431/bbf.v5i4.37>
- Luna, C. (2008). Tratamiento de aguas servidas con escaleras de oxigenación en pequeñas comunidades campesinas de la sierra peruana: caso de las comunidades Huaccoto y Kircas. Universidad de Sevilla.
- MINAM. (2016). Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados: Muestreo de aguas subterráneas. (M. del Ambiente, Ed.) (Primera). Lima.
- Molina, L. (2018). Propuesta de uso del agua subterránea del distrito de Uraca-Coribe para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Universidad Nacional de San Agustín. Retrieved

from

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5750/QUmoguly.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Oscoco, G. (2019). Determinación de la calidad de agua subterránea para consumo humano. Universidad Científica del Sur.

Quispe, D. (2017). Calidad bacteriológica y físico-química del agua de seis manantiales del distrito de Santa Rosa-Melgar. Universidad Nacional del Altiplano. Retrieved from

[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5562/Quispe\\_Ccama\\_Deybi\\_Adderly.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5562/Quispe_Ccama_Deybi_Adderly.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Quispe, L. (1994). Diagnóstico de aguas subterráneas. (INRENA, Ed.) (Primera). Lima.

Ramírez, E., Robles, E., Sainz, G., Ayala, R., & Campoy, E. (2009). Calidad microbiológica del acuífero de Zacatepec, Morelos, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 25(4), 247–255. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v25n4/v25n4a5.pdf>

Robles, E., Ramírez, E., Durán, A., Martínez, M., & González, M. (2013). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo-Axochiapan, Morelos, México. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 4(1), 11.

Rodríguez, M. F. (2007). Evaluación de la calidad físico- química y bacteriológica del agua subterránea en pozos criollos del municipio de Moa, 1–10.

Sonora, D. E., Jordan, A., Armando, J., Soto, C., Uriel, E., Baypoli, C., ... Anacleto, F. F. (2017). Diagnóstico.

Soriano, M. (2018). Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano en el Centro Poblado Pata Pata - 2018. Universidad Privada del Norte. Retrieved from

[http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14210/Soriano  
Marcela.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14210/Soriano_Marcela.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Dilas

SUNASS. (2003). Análisis de la calidad del agua potable en las empresas prestadoras del Perú: 1995-2003. (C. Carlos, Ed.) (Primera ed). Lima: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.

Trigos, C. (2017). Calidad Bacteriológica y físico - química del agua de consumo humano del Centro Poblado de Alto Puno. Universidad Nacional de San Agustín. Universidad Nacional de San Agustín. Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7280>

Vence, L., Rivera, M., Osorio, Y., & Castillo, A. (2018). Caracterización microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas de los municipios de la Paz y San Diego, Cesar, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3(2), 9.



## ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA CONSUMO HUMANO, DISTRITO DE PAUCARCOLLA, 2022

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	VARIABLES	Indicadores	Instrumentos	Instrumentos de recolección de datos
¿Cuál es la calidad del agua del pozo subterráneo para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022?	Evaluar la calidad del agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.	La calidad del agua supera los límites máximos permisibles (LMP) en el agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.	VI. calidad de agua para consumo humano VD. pozo subterráneo	LMP Parametros Físico químico y microbiológico	Normativa de LMP Análisis de Laboratorio	Diseño de investigación: no experimental de tipo descriptivo longitudinal Población muestra: pozos subterráneos
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>				
-¿Qué parámetros físicos encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de	-Evaluar los parámetros físicos según los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.	-Los parámetros físicos superan los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.				

<p>Paucarcolla, 2022? ¿Qué parámetros químicos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022? ¿Qué parámetros microbiológicos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022?</p>	<p>Valorar los parámetros químicos según los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022. Examinar los parámetros microbiológicos según los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.</p>	<p>• Los parámetros químicos superan los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022. • Los parámetros microbiológicos superan los límites máximos permisibles (LMP) en agua subterránea para consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022.</p>				
--	--	---	--	--	--	--

Anexo 02. Resultados de laboratorio



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



---

FIQ Nro **LQ-2023**

Nº 002330

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico y Microbiológico: AGUA DE POZO (3)

**PROCEDENCIA** : SECTOR COLLANA, DISTRITO PAUCARCOLLA, DEPARTAMENTO PUNO

**INTERESADO** : PABLO AVILA CHARCA

**MOTIVO** : ANALISIS DE AGUA

**MUESTREO** : 28/06/2023, por el interesado

**ANÁLISIS** : 28/06/2023

**COD. MUESTRA** : B009-000490

---

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

**ASPECTO** : Líquido

**COLOR** : Beige

**OLOR** : Leve a azufre

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

pH	7.47	
Temperatura	15	°C
Conductividad Eléctrica	391.00	µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Dureza Total como CaCO <sub>3</sub>	165.80	mg/L
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	210.23	mg/L
Cloruros como Cl <sup>-</sup>	105.37	mg/L
Sulfatos como SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	71.50	mg/L
Sólidos Totales Disueltos	195.30	mg/L
Porcentaje de salinidad	0.20	%
Turbidez	114.00	NTU

**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO**

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

---

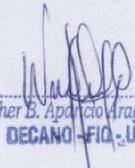
**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico y microbiológico 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. 14 de setiembre del 2023.

VºBº



ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - UNA - CIP - 162393



Walter B. Aparicio Aragón, Ph.D.  
DECANO - FIQ - UNA



---

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



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



FIQ Nro **LQ-2023**

Nº 002331

# Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico y Microbiológico: AGUA DE POZO (2)  
**PROCEDENCIA** : SECTOR COLLANA, DISTRITO PAUCARCOLLA, DEPARTAMENTO PUNO  
**INTERESADO** : PABLO AVILA CHARCA  
**MOTIVO** : ANALISIS DE AGUA  
**MUESTREO** : 28/06/2023, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 28/06/2023  
**COD. MUESTRA** : B009-000490

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Café  
**OLOR** : Huevo podrido

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

pH : 7.32  
 Temperatura : 15 °C  
 Conductividad Eléctrica : 409.00 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Dureza Total como CaCO<sub>3</sub> : 108.80 mg/L  
 Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub> : 213.19 mg/L  
 Cloruros como Cl<sup>-</sup> : 112.97 mg/L  
 Sulfatos como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> : 65.20 mg/L  
 Sólidos Totales Disueltos : 205.00 mg/L  
 Porcentaje de salinidad : 0.20 %  
 Turbidez : 389.00 NTU

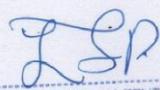
**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO**

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

**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico y microbiológico 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. 14 de setiembre del 2023.

VºBº

  
 ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
 ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
 FIQ - UNA - CIP - 182363

  
 DECANO  
 Walter E. Apaxico Aragón, Ph.D.  
 DECANO - FIQ - UNA



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



FIQ Nro **LQ-2023**

Nº 002332

# Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico y Microbiológico: AGUA C. P. COLLANA (1)  
**PROCEDENCIA** : SECTOR COLLANA, DISTRITO PAUCARCOLLA, DEPARTAMENTO PUNO  
**INTERESADO** : PABLO AVILA CHARCA  
**MOTIVO** : ANALISIS DE AGUA  
**MUESTREO** : 28/06/2023, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 28/06/2023  
**COD. MUESTRA** : B009-000490

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

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

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

**pH** : 8.01  
**Temperatura** : 15 °C  
**Conductividad Eléctrica** : 522.00 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

**Dureza Total como CaCO<sub>3</sub>** : 135.16 mg/L  
**Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub>** : 234.26 mg/L  
**Cloruros como Cl<sup>-</sup>** : 148.15 mg/L  
**Sulfatos como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** : 79.00 mg/L  
**Sólidos Totales Disueltos** : 261.00 mg/L  
**Porcentaje de salinidad** : 0.30 %  
**Turbidez** : 0.50 NTU

**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO**

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

**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico y microbiológico 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. 14 de setiembre del 2023.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - UNA - CIP - 182393



Walter B. Aparicio Aragón, Ph.D.  
DECANO - FIQ - UNA



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



FIQ Nro **LQ-2023**

Nº 002358

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico y Microbiológico: POZO 1

PROCEDENCIA : C. P. COLLANA, DISTRITO PAUCARCOLLA, DEPARTAMENTO - PUNO  
INTERESADO : PABLO AVILA CHARCA  
MOTIVO : ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE POZO TUBULAR  
MUESTREO : 15/04/2023. por el interesado  
ANÁLISIS : 15/04/2023

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

ASPECTO : Líquido  
COLOR : Incoloro  
OLOR : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

pH : 7.11  
Temperatura : 15 °C  
Conductividad Eléctrica : 265.00 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Dureza Total como CaCO<sub>3</sub> : 80.40 mg/L  
Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub> : 68.19 mg/L  
Cloruros como Cl<sup>-</sup> : 27.99 mg/L  
Sulfatos como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> : 22.63 mg/L  
Sólidos Totales Disueltos : 132.50 mg/L  
Magnesio como Mg<sup>\*\*</sup> : 4.52 mg/L  
Porcentaje de salinidad : 0.10 %

**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO**

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

**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico y microbiológico 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. 30 de abril del 2023.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - LINA - CIP - 182698



Walther B. Aparicio Aragón, Ph.D.  
DECANO FIQ - UNA

latitud  
S 15° 45' 47.10888"  
longitud  
W 70° 3' 41.27544"  
Altitud  
4184 m s n m  
Distancia  
11914

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



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



FIQ Nro **LQ-2023**

Nº 002357

# Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico y Microbiológico: POZO 2  
**PROCEDENCIA** : C. P. COLLANA, DISTRITO PAUCARCOLLA, DEPARTAMENTO - PUNO  
**INTERESADO** : PABLO AVILA CHARCA  
**MOTIVO** : ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE POZO TUBULAR  
**MUESTREO** : 15/04/2023, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 15/04/2023

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

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

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

**pH** : 6.69  
**Temperatura** : 15 °C  
**Conductividad Eléctrica** : 494.00 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

**Dureza Total como CaCO<sub>3</sub>** : 79.60 mg/L  
**Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub>** : 91.42 mg/L  
**Cloruros como Cl<sup>-</sup>** : 103.97 mg/L  
**Sulfatos como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** : 8.90 mg/L  
**Sólidos Totales Disueltos** : 247.00 mg/L  
**Magnesio como Mg<sup>++</sup>** : 4.98 mg/L  
**Porcentaje de salinidad** : 0.30 %

**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO**

**Coliformes totales** : 0 UFC/100ml  
**Coliformes fecales** : 0 UFC/100ml

**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico y microbiológico 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. 30 de abril del 2023.

VºBº

*Luz Marina Teves Ponce*

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - UNA - CIP - 182382



*Walther E. Apurisco Aragón*  
DECANO - FIQ - UNA

latitud  
S 15° 45' 48.93156"  
longitud  
W 70° 3' 49.42044"  
Altitud  
4187 msnm  
distancia  
11949



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



FIQ Nro

LQ-2023

Nº 002356

# Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico y Microbiológico: POZO 3

PROCEDENCIA : C. P. COLLANA, DISTRITO PAUCARCOLLA, DEPARTAMENTO - PUNO  
INTERESADO : PABLO AVILA CHARCA  
MOTIVO : ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE POZO TUBULAR  
MUESTREO : 15/04/2023, por el interesado  
ANÁLISIS : 15/04/2023

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

ASPECTO : Líquido  
COLOR : Incoloro  
OLOR : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

pH : 7.46  
Temperatura : 15 °C  
Conductividad Eléctrica : 2.20  $\mu\text{S}/\text{cm}$

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Dureza Total como  $\text{CaCO}_3$  : 295.91 mg/L  
Alcalinidad como  $\text{CaCO}_3$  : 204.99 mg/L  
Cloruros como Cl : 295.91 mg/L  
Sulfatos como  $\text{SO}_4^{2-}$  : 6.62 mg/L  
Sólidos Totales Disueltos : 1083.00 mg/L  
Magnesio como  $\text{Mg}^{++}$  : 8.22 mg/L  
Porcentaje de salinidad : 1.20 %

**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO**

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

**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico y microbiológico 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. 30 de abril del 2023.

VºBº

*LSP*

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - UNA - CIP - 182363



*Walther E. Acosta Aragón, Ph.D.*  
DECANO - FIQ - UNA

latitud  
S 15° 45' 30. 222 88 "  
longitud  
W 70° 3' 38. 20104 "  
Altitud  
4184  
Distancia  
11749

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

### Anexo 03. Panel fotográfico



**Figura 02.** Registrando información del pozo 1



**Figura 03.** Tomando muestra de agua del pozo 1



**Figura 04.** Tomando muestra de agua del pozo 2



**Figura 05.** Tomando muestra de agua del pozo 2



**Figura 06.** Tomando muestra de agua del pozo 3