

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA DE  
POZOS PARA CONSUMO HUMANO DE LA ZONA PERIFÉRICA DE LA  
CIUDAD DE DESAGUADERO – PUNO 2022**

**PRESENTADA POR:**

**NORMA SARMIENTO MENA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO - PERÚ**

**2023**



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



19.72%

SIMILARITY OVERALL

0%

POTENTIALLY AI

SCANNED ON: 2 OCT 2023, 8:23 PM

### Similarity report

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

**IDENTICAL** 1.41%  
**CHANGED TEXT** 18.3%

### Most likely AI

Highlighted sentences with the lowest perplexity, most likely generated by AI.

**LIKELY AI**  
0%

**HIGHLY LIKELY AI**  
0%

## Report #18325541

NORMASARMIENTO MENA PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DE LA ZONA PERIFÉRICA DE LA CIUDAD DE DESAGUADERO – PUNO 2022 RESUMEN El agua es una fuente importante de peligro físico, químico y biológico para los seres humanos, por lo que, al consumir agua, es fundamental probar el estado sanitario del agua para determinar su idoneidad para los seres humanos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de pozos para consumo humano de la zona periférica de la ciudad de Desaguadero 2022. Las muestras se recolectaron de 8 pozos, zonas: Norte (Pozo 1 y 2); Oeste (Pozo 3 y 4); Sur (Pozo 5 y 6) y Este (pozo 7 y 8), de acuerdo al Protocolo Nacional de Monitoreo de calidad de recursos hídricos superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua, los análisis se realizaron en los laboratorios del Instituto Nacional de Innovación Agraria y Universidad Nacional del Altiplano, se aplicó el análisis de varianza (ANOVA,  $p < 0,05$ ), y la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). Obteniendo los siguientes resultados: parámetros físicos temperatura  $16.67^{\circ}\text{C}$ , turbidez 3.29 NTU, conductividad eléctrica  $832.38 \mu\text{S}/\text{cm}$  encontrándose por debajo de los LMP según DS N°031-2010-SA. Parámetros químicos pH 7.69, cloruros 78 mg/l, sulfatos 51.39 mg  $\text{SO}_4/\text{L}$ , sodio 46.18mg Na/L, estos resultados se encuentran dentro de los parámetros establecidos por DS N°031-2010-SA;

  
Yudy Roxana ALANIA LAQUI  
Oficina de Repositorio Institucional

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

**PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA DE  
POZOS PARA CONSUMO HUMANO DE LA ZONA PERIFÉRICA DE LA  
CIUDAD DE DESAGUADERO – PUNO 2022**

**PRESENTADA POR:**

**NORMA SARMIENTO MENA**

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

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

PRIMER MIEMBRO

:



Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. JOSE ELADIO NUÑEZ QUIROGA

ASESOR DE TESIS

:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ciencias Naturales

Disciplina: Oceanografía, Hidrografía y Recursos del Agua

Especialidad: Evaluaciones y Monitoreo Ambientales, Ecosistemas Acuáticos

Puno, 24 de octubre del 2023.

## DEDICATORIA

La presente investigación la dedico con profundo cariño y amor a mis adorados padres en honor a su apoyo y consejos desplegados, por haberme apoyado a cumplir una de mis metas y haber estado siempre alentando en todo momento a favor de mi formación personal y profesional.

*Norma Sarmiento Mena*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primera instancia a Dios, por darme vida y guiarme para estudiar mi carrera profesional.

A la Universidad Privada San Carlos, a la escuela profesional de Ingeniería Ambiental y su plana docente por darme la oportunidad de formarme profesionalmente y por haberme ayudado a superarme.

Agradezco a mi asesor de tesis MG. JULIO WILFREDO CANO OJEDA, por haberme brindado la oportunidad de utilizar su experiencia y conocimiento, así como por haber tenido la paciencia de guiarme durante todo el proceso de elaboración de la tesis.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ANEXOS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13

### CAPÍTULO I

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

<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
1.1.1 PROBLEMA GENERAL	16
1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	16
<b>1.2 ANTECEDENTES</b>	<b>17</b>
1.2.1 A NIVEL INTERNACIONAL	17
1.2.2 A NIVEL NACIONAL	19
1.2.3 A NIVEL LOCAL O REGIONAL	21
<b>1.3 OBJETIVOS</b>	<b>23</b>
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	23
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23

### CAPÍTULO II

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

<b>2.1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	<b>24</b>
2.1.1 EXPLOTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	24

2.1.2 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA	24
2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	25
2.1.4 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA	25
2.1.5 CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	28
2.1.6 CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	28
2.1.7 REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO	
D.S N° 031-2010-SA	30
2.1.9 LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (LMP)	30
2.1.10 POZO	30
<b>2.2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL</b>	<b>30</b>
2.2.1 EL AGUA	30
4.2.2 AGUA SUBTERRÁNEA	31
<b>2.3 HIPÓTESIS</b>	<b>31</b>
2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL	31
2.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	31
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1 ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>32</b>
<b>3.2 TAMAÑO DE MUESTRA</b>	<b>33</b>
3.2.1 POBLACIÓN	33
3.2.2 MUESTRA	33
3.2.3 TAMAÑO DE MUESTRA	33
<b>3.3 MÉTODO Y TÉCNICAS</b>	<b>33</b>
3.3.1 UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO	33
3.3.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR DATOS	36
3.3.3 MÉTODOS DE LABORATORIO	36
3.3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE	37
<b>3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>38</b>

**3.5 MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO 38**

**CAPÍTULO IV**

**EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

**4.1 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS**

**FISICOQUÍMICOS DE LAS AGUAS DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO 39**

4.1.1 PARÁMETROS FÍSICOS 39

4.1.2 PARÁMETROS QUÍMICOS 44

**4.2 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y**

**COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS DE POZOS PARA**

**CONSUMO HUMANO 53**

4.2.1 COLIFORMES TOTALES 54

4.2.2 COLIFORMES TERMOTOLERANTES 55

**4.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS**

**FISICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS CON LOS LMP CON EL**

**REGLAMENTO DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO D.S. N°**

**031-2010-SA- DIGESA 57**

4.3.1 TEMPERATURA 57

4.3.2 TURBIDEZ 58

4.3.3 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 59

4.3.4 pH 60

4.3.5 CLORUROS 61

4.3.6 SULFATOS 62

4.3.7 DUREZA TOTAL 63

4.3.8 NITRATOS 64

4.3.9 SODIO 65

4.3.10 COLIFORMES TOTALES 66

4.3.11 COLIFORMES TERMOTOLERANTES 67

**CONCLUSIONES 69**



<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>78</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 01:</b> Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos	29
<b>Tabla 02:</b> Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica	29
<b>Tabla 03:</b> Ubicación de puntos de muestreo en el distrito de Desaguadero	35
<b>Tabla 04:</b> Parámetros seleccionados para análisis de calidad de agua de pozo para consumo humano	36
<b>Tabla 05:</b> Operacionalización de variables de investigación	37
<b>Tabla 06:</b> Valores de temperatura de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8).	39
<b>Tabla 07:</b> Valores de turbidez de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8)	41
<b>Tabla 08:</b> Valores de conductividad eléctrica de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8)	42
<b>Tabla 09:</b> Valores de pH de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8)	44
<b>Tabla 10:</b> Valores de cloruros de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8)	46
<b>Tabla 11:</b> Valores de sulfato de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8)	47
<b>Tabla 12:</b> Valores de dureza total de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA	

de Tukey a nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8). 49

**Tabla 13:** Valores de nitratos de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8) 51

**Tabla 14:** Valores de sodio de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8) 52

**Tabla 15:** Valores de Coliformes totales de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8) 54

**Tabla 16:** Valores de Coliformes termotolerantes de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8) 55

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 01:</b> Localización del área de estudio. a) mapa de Perú; b) distrito de Desaguadero y c) sector periférico de la ciudad de Desaguadero.	32
<b>Figura 02:</b> Ubicación de puntos de muestreo.	34
<b>Figura 03:</b> Temperatura en aguas de pozos	58
<b>Figura 04:</b> Turbidez en aguas de pozos	59
<b>Figura 05:</b> Conductividad eléctrica en aguas de pozos	60
<b>Figura 06:</b> Valores de pH en aguas de pozos	61
<b>Figura 07:</b> Cloruros en aguas de pozos	62
<b>Figura 08:</b> Sulfatos en aguas de pozos	63
<b>Figura 09:</b> Dureza total en aguas de pozos	64
<b>Figura 10:</b> Nitratos en aguas de pozos	65
<b>Figura 11:</b> Sodio en aguas de pozos	66
<b>Figura 12:</b> Coliformes totales en aguas de pozos	67
<b>Figura 13:</b> Coliformes termotolerantes en aguas de pozos	67

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia	79
<b>Anexo 02:</b> Análisis fisicoquímico de muestras de agua de pozo	81
<b>Anexo 03:</b> Análisis físico de muestras de agua de pozo	84
<b>Anexo 04:</b> Análisis bacteriológico de muestras de agua de pozo	85
<b>Anexo 05:</b> Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010 - DIGESA	86
<b>Anexo 06:</b> Panel fotográfico	91
<b>Anexo 07:</b> NORMA TÉCNICA PERUANA. Calidad de agua: muestreo, preservación y manipulación de muestras	96
<b>Anexo 08:</b> Análisis estadístico	104

## RESUMEN

El agua es una fuente importante de peligro físico, químico y biológico para los seres humanos, por lo que, al consumir agua, es fundamental probar el estado sanitario del agua para determinar su idoneidad para los seres humanos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de pozos para consumo humano de la zona periférica de la ciudad de Desaguadero 2022. Las muestras se recolectaron de 8 pozos, zonas: Norte (Pozo 1 y 2); Oeste (Pozo 3 y 4); Sur (Pozo 5 y 6) y Este (pozo 7 y 8), de acuerdo al Protocolo Nacional de Monitoreo de calidad de recursos hídricos superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua, los análisis se realizaron en los laboratorios del Instituto Nacional de Innovación Agraria y Universidad Nacional del Altiplano, se aplicó el análisis de varianza (ANOVA,  $p < 0,05$ ), y la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). Obteniendo los siguientes resultados: parámetros físicos temperatura  $16.67^{\circ}\text{C}$ , turbidez 3.29 NTU, conductividad eléctrica  $832.38 \mu\text{S/cm}$  encontrándose por debajo de los LMP según DS N°031-2010-SA. Parámetros químicos pH 7.69, cloruros 78 mg/l, sulfatos  $51.39 \text{ mg SO}_4/\text{L}$ , sodio  $46.18 \text{ mg Na/L}$ , estos resultados se encuentran dentro de los parámetros establecidos por DS N°031-2010-SA; mientras que la dureza total con  $764.68 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$ , nitratos  $51.93 \text{ mg NO}_3/\text{l}$ , superan los LMP según DS N°031-2010-SA. Entre los parámetros bacteriológicos coliformes totales  $178.75 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$  y  $56.54 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$  coliformes totales y Termotolerantes sobrepasando el valor establecido por el DS N° 031-2010-SA. de  $\leq 1.8 \text{ NMP} /100\text{ml}$ .

**Palabras clave:** Agua, contaminación, bacteriológico, fisicoquímico, parámetro, pozo.

## ABSTRACT

Water is an important source of physical, chemical, and biological hazards for humans; therefore, when consuming water, it is essential to test the sanitary status of the water to determine its suitability for humans. The objective of the present work was to evaluate the concentration of physicochemical and bacteriological parameters of water from wells for human consumption in the peripheral zone of the city of Desaguadero 2022. Samples were collected from 8 wells, zones: North (Well 1 and 2); West (Well 3 and 4); South (Well 5 and 6) and East (Well 7 and 8), according to the National Protocol for Monitoring the quality of surface water resources approved by the National Water Authority, the analyses were performed in the laboratories of the National Institute for Agrarian Innovation and National University of the Altiplano, analysis of variance (ANOVA,  $p < 0.05$ ), and Tukey's test ( $p < 0.05$ ) were applied. The following results were obtained: physical parameters: temperature 16.67°C, turbidity 3.29 NTU, electrical conductivity 832.38  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , which is below the LMP according to DS N°031-2010-SA. Chemical parameters pH 7.69, chlorides 78 mg/l, sulfates 51.39 mg  $\text{SO}_4/\text{L}$ , sodium 46.18 mg  $\text{Na}/\text{L}$ , these results are within the parameters established by DS N°031-2010-SA; while total hardness with 764.68 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ , nitrates 51.93 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ , exceed the LMP according to DS N°031-2010-SA. Among the bacteriological parameters total coliforms 178.75 NMP/100 ml and 56.54 NMP/100 ml.

**Keywords:** Water, contamination, bacteriological, physicochemical, parameter, well

## INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es un valor ecológico esencial para la salud y el crecimiento económico (Villena, 2018) su evaluación permite tomar acciones para su control, tratamiento y mitigación, de esta manera garantizar el suministro y acceso a agua segura para consumo humano (Valenzuela & Yucra, 2022). Estudios de calidad de agua pueden sentar las bases microbiológicas para que las autoridades gubernamentales definan estrategias de purificación o potabilización de agua para las diferentes regiones del país (Anduro et al., 2017).

El propósito de la presente investigación analizar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de pozos para consumo humano, así garantizar que el agua sea segura, cumpla con los estándares de calidad, proteja la salud pública y permita una gestión adecuada y sostenible de los recursos hídricos subterráneos, estos estudios desempeñan un papel esencial en la seguridad y el bienestar de la población (Romero, 2012).

En el distrito de Desaguadero, se carece de estudios fisicoquímicos y bacteriológicos sobre la calidad del agua subterránea (pozos) sobre todo en la zona periférica donde se encuentran muchos depósitos de agua, los cuales son fuentes importantes para el consumo humano, varios estudios recientes, indican que el agua contaminada contribuye al riesgo de contraer enfermedades renales y urolitiasis, lo cual es un factor de riesgo para los usuarios, especialmente los pobladores de las zonas periféricas del distrito de Desaguadero.

Es importante analizar las aguas subterráneas para determinar la concentración de pH, temperatura, turbiedad, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, dureza total, alcalinidad, sulfatos, cloruros, coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en estas agua (Robles et al. 2017). El presente estudio se desarrolló en cuatro zonas periféricas del distrito de Desaguadero en 08 pozos artesanales donde el interés de este estudio fue conocer las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas del agua

subterránea que es consumida por un sector de la población de zonas periférica (comprende 2 últimas cuadras de cada barrio existente en el distrito de Desaguadero).

Uno de los problemas sanitarios más críticos en los países de América Latina y el Caribe es la descarga incontrolada de aguas residuales domésticas sin tratamiento, las cuales contaminan los recursos hídricos superficiales, subterráneos y las zonas costeras, razón por la cual la garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor OMS (2006) por ello es de vital importancia conocer si el agua potable del distrito de desaguadero cumple con los ECA del D.S. 004- 2017 MINAM. Estos estudios permiten identificar posibles contaminantes y determinar si el agua es adecuada para consumo humano, sin embargo, existe escasa información sobre la calidad de agua en el distrito de Desaguadero. Por ésta situación y frente a la problemática que existe sobre la calidad de agua para consumo humano, se realizó la presente investigación que pretende sentar las bases para tomar medidas de corrección, teniendo como objetivos los siguientes: i) Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de pozos para consumo humano de zonas periféricas de la ciudad de Desaguadero ii) Determinar la concentración de coliformes totales y coliformes termotolerantes en las aguas de pozos para consumo humano de zonas periféricas de la ciudad de Desaguadero iii) Comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos con los límites máximos permisibles de acuerdo al reglamento de calidad del agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA

## CAPÍTULO I

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

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un recurso esencial para el sostenimiento de la vida, el desarrollo y el medio ambiente. En la Tierra (recursos hídricos totales: 1386 millones de kilómetros cúbicos), el agua dulce (2,53%) se distribuye en ríos, lagos, glaciares, la atmósfera y el subsuelo. En América Latina, alrededor del 20 % de todas las extracciones de agua se utilizan para el consumo humano y más del 70 % para la agricultura (Rojas, 2018).

Los recursos hídricos se ven gravemente afectados por la presión humana a nivel nacional, lo que dificulta cada vez más su disponibilidad (cantidad y calidad). Estos factores de presión son básicamente la sobreexplotación de los acuíferos, la introducción de contaminantes en los cuerpos de agua, los cambios en el uso del suelo como la deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas y el aumento de la urbanización en las áreas de producción hídrica (Ordoñez, 2011).

El agua es un derecho humano fundamental, pero su calidad sigue siendo un problema potencial que experimentan muchas ciudades del país, especialmente la región de Puno (Valenzuela y Yucra, 2022). El problema más común con el consumo de agua no segura son las enfermedades gastrointestinales, y el agua subterránea es una de las principales fuentes de abastecimiento y puede estar contaminada con bacterias y productos químicos (Anduro et al., 2017).

Estudios concluyeron que las aguas subterráneas (Pozos artesanales y rústicos) no son aptas para el consumo humano y sugieren su potabilización mediante algún tipo de tratamiento (Tacuri, 2019; Rojas, 2018).

En las zonas periféricas (comprende aproximadamente las 2 últimas cuadras de cada barrio existente en el distrito de Desaguadero), los pobladores extraen aguas subterráneas para satisfacer las necesidades de consumo humano. La mayoría de los pobladores que utilizan esta agua no saben si es apta para el consumo humano. La mayoría tienen la costumbre de hervirla durante unos 5 minutos antes de consumirla. Algunas personas lo consumen después de que alcanza el punto de ebullición, mientras que otros la consumen directamente del pozo, lo que genera problemas de salud a los pobladores por la mala calidad del agua de pozo.

Debido a lo antes mencionado pueden haber factores de riesgo para la salud de los habitantes que consumen agua de pozos. Este trabajo tiene como objetivo principal determinar la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de pozos artesanales para consumo humano en las zonas periféricas de Desaguadero, región Puno. Las variables de estudio son: variable independiente: Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos y variable dependiente: Agua.

Bajo este contexto pretendemos responder a las siguientes preguntas de investigación:

### **1.1.1 PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo será la concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de pozos para consumo humano de la zona periférica de la ciudad de Desaguadero - Puno 2022?

### **1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuál será la concentración de los parámetros fisicoquímicos que presentan las aguas de pozos para consumo humano de las zonas periféricas de la ciudad de Desaguadero?

- ¿Cuál será la concentración de coliformes totales y coliformes termotolerantes en las aguas de pozos para consumo humano de zonas periféricas de la ciudad de Desaguadero?
- ¿Los parámetros de las aguas de pozo para consumo humano cumplirán con los límites máximos permisibles de acuerdo al reglamento del D.S. N° 031-2010-SA-DIGESA?

## 1.2 ANTECEDENTES

### 1.2.1 A NIVEL INTERNACIONAL

Molina (2018) en su trabajo de investigación denominado propuesta de uso del agua subterránea para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos cuyos resultados de Análisis químico y fisicoquímico del agua subterránea fueron como temperatura mínima de 21.60°C en el periodo de Otoño para la muestra y una temperatura máxima de 24 °C en el periodo de Verano por su lado Jiménez & Colmenares (2009) en su trabajo de investigación afirman que debido a que las aguas de circulación superficial están sometidas an evaporaciones, intercambios térmicos con el aire exterior y la radiación solar, las aguas subterráneas suelen tener temperaturas constantes.

Sandoval (2021) reportó una temperatura promedio de 17.82 °C, en su trabajo de investigación titulado análisis de la calidad de agua para consumo humano, por su lado Rodríguez (2009) indica que los datos sobre la temperatura son importantes para el cálculo de la solubilidad del oxígeno y del equilibrio dióxido de carbono-bicarbonato-carbonato indicando que con la sola medición de la temperatura se puede identificar fuentes de agua como los pozos profundos, siendo estos resultados similares al presente estudio.

Hernández et al. (2018) indicó que la temperatura del agua potable influye en su sabor, reportando valores de 18 a 25 °C los cuales se encuentran dentro de los que son intervalos más o menos estables para considerar los otros análisis realizados,

exceptuando la conductividad, que sí varía de acuerdo a esta característica, en un estudio titulado análisis fisicoquímico y microbiológico de agua purificada resaltan la importancia de medir la temperatura del agua debido a que es uno de los parámetros más importantes de la calidad de agua la temperatura afecta la química del agua y las funciones de los organismos

Calsin (2016) reporta valores de  $14.49 \pm 0.38$  °C en pozos artesanales y en pozos tubulares  $14.52 \pm 0.40$  °C, siendo estos valores menores a los valores del presente estudio.

Anduro et al. (2017) en su artículo desarrollado en México, determinó la prevalencia y los niveles de contaminación por bacterias mesofílicas aerobias (BMA), *coliformes totales* (CT), coliformes fecales (CF), *Escherichia coli* (E. coli) y *Salmonella spp*, como indicador de la calidad higiénica del agua de pozo destinada al uso y consumo humano en el sur de Sonora, México. Se recolectaron 106 muestras de agua de 10 comunidades de la cuenca del río Yaqui y se analizaron según el método especificado por la NOM. Todas las muestras mostraron contaminación microbiana y ausencia de cloro residual. El 21.7% tenía un BMA  $\geq 200$  UFC mL<sup>-1</sup> y el 50.9% y 39.6% tenían contaminación por CT y CF; el 8.5% de las muestras contenían E. coli; el patógeno *Salmonella spp.*, no estaba presente. El estudio tuvo como propósito evaluar la potabilidad del agua de consumo humano en la comunidad de San Valentín en el sector Ancón Bajo II de la ciudad de Maracaibo, Venezuela. Diez muestras de diferentes fuentes fueron examinadas física, química y bacteriológicamente. Se utilizó un método de análisis estándar y los resultados se compararon con valores determinados como aceptables por las normas sanitarias venezolanas para la calidad del agua potable y el catálogo de calidad del agua de la Organización Mundial de la Salud. Se concluye que el agua de la tubería de abastecimiento requiere un tratamiento convencional completo para depurar, y el agua del pozo requiere un tratamiento de desalinización (Bracho & Fernández, 2017).

Robles et al. (2017) su estudio consistió en una caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea en el municipio Villa de Acapetahua (Chiapas) de cinco municipios. Para ello se recolectaron 19 muestras. Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, oxígeno disuelto, dureza total, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica, salinidad, CO<sub>2</sub>, nitrógeno de amonio, nitrito de nitrógeno, alcalinidad y cloruro). Bacteriológicas (coliformes totales, *E. coli* e identificación de Enterobacteriaceae). En 16.6%, los parámetros comparados con NOM127-SSA1-1994 superan el límite permisible. La enumeración de las UFC de coliformes totales y la identificación de *Enterobacter sakazakii* y *Enterobacter cloacae*, impiden su uso para el consumo humano.

En México, se estudió el estado de la calidad del agua subterránea y los parámetros fisicoquímicos del Acuífero Sur de Quintana Roo, México, y se identificaron las áreas con mayor probabilidad de ser consumidas por humanos. Los parámetros fisicoquímicos analizados fueron pH, temperatura (T°), sólidos disueltos totales (TDS), dureza total, sodio (Na<sup>+</sup>), sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), cloruro (Cl<sup>-</sup>), fue nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Los componentes químicos que exceden los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-1994 son los siguientes. STD (22% en 2002, 42% en 2012); dureza total (60%); Na<sup>+</sup> (9,8%); Cl<sup>-</sup> (9,9%) y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (3%, 2012) (Sánchez et al., 2016).

### 1.2.2 A NIVEL NACIONAL

Caro & Arroyo (2021) investigan para determinar la calidad del agua de los pozos artesianos del Caserío de Santo Tomas del Distrito de San Juan Bautista. Se tomaron cuatro muestras de agua de cinco pozos y analizaron parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos y los compararon con los límites máximos permisibles (LMP) del reglamento de calidad de agua para consumo humano (DS N° 031-2010-SA). Luego utilizaron la metodología canadiense para aguas superficiales continentales en el Perú (ICA-PE) y los estándares de calidad de agua destinada a la producción de agua potable ECA-A1 para determinar los indicadores de calidad. Los parámetros fisicoquímicos, la temperatura, la turbidez, el color, la conductividad, los sólidos disueltos totales, los

cloruros, la dureza total, los nitratos y los sulfatos de los pozos 1, 2, 4 y 5 cumplen con los LMP según el DS N° 031-2010-SA, excepto el pH que estaba entre 4 a 5,37, por debajo del LMP (6,5 a 8,5). El agua de los pozos 2, 4 y 5 de enero presenta valores (17, 2, 11 NMP/100 mL) y no corresponde a LMP (<1,8 NMP/100 mL). El índice de calidad del agua de los pozos 1, 2, 4 y 5 fue del 94%. La conclusión es que el agua del pozo del artesano no es apta para el consumo humano.

Gutiérrez & Linares (2018) en su investigación realizado con el objetivo de determinar el grado de contaminación microbiana del agua depositada en pozos artesanales a orillas del río Chillón en el distrito de Puente Piedra, Lima en términos organolépticas de olor y color, así como en concentraciones de coliformes totales, *E. coli* y protozoos patógenos en muestras de agua de pozos artesanales. Se evaluaron 34 muestras de agua de pozos artesanales de 20-130 m de profundidad. Se utilizó el método del número más probable (NMP) para coliformes totales, *E. coli* y protozoos patógenos. Los resultados mostraron que el 100% de las muestras de agua de pozo presentaron olores característicos y colores turbios, Coliformes totales, *E. coli* y protozoos patógenos, superando el límite máximo permisible según estudios nacionales. Conclusión: Los niveles de contaminación microbiana de pozos artesanales a orillas del río Chillón en el distrito de Puente Piedra. De acuerdo con las características evaluadas, se destacó por su mala calidad.

Soriano (2018) en su investigación con objetivo de evaluar las cualidades fisicoquímicas y microbiológicas del agua subterránea recolectada en tres puntos de muestreo seleccionados por conveniencia y determinar si son aceptables para el consumo humano en el centro poblado de Pata pata en el distrito de Paríamarca - Cajamarca. Para ello, los resultados fisicoquímicos y microbiológicos se compararon con los límites máximos permisibles especificados en los reglamentos de calidad de agua aprobados en el D.S. N° 031-2010-SA y con los estándares de calidad ambiental categoría A1 aprobados por el D.S. N° 004-2017-MINAM. Finalmente, se concluyó que el agua de los tres puntos de muestreo no es apta para el consumo humano debido al exceso tanto de coliformes

totales y termotolerantes y la necesidad de pasar por un proceso de tratamiento. Todos los demás parámetros fisicoquímicos estaban dentro de los límites, excepto la turbiedad que superó en el punto AS-03 en febrero, oxígeno disuelto y sulfato excedieron en el punto AS-02 en junio, y nitrito excedieron en el punto AS-02 en abril.

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

Valenzuela & Yucra (2022) en su artículo realizado en el Complejo Industrial Taparachi, ubicado en el distrito de Juliaca, Puno, evaluaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua subterránea para determinar su calidad. El color, la turbidez, el pH, la conductividad, los cloruros, los sulfatos, la dureza total, los metales totales (aluminio, arsénico, bario, cadmio, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, sodio, níquel, plomo, antimonio, selenio y zinc) y los coliformes totales se evaluaron en una muestra de agua subterránea. Los resultados de los parámetros de agua subterránea del pozo se compararon con las normas de calidad de agua D.S. N°031-2010-SA, los parámetros fisicoquímicos estuvieron dentro del rango de los límites máximos permisibles, excluyendo dureza total con un valor de 573 mg/L, arsénico con un valor de 0.040 mg/L, y coliformes totales en 2 NMP/100 mL. Por lo tanto, dado que el agua subterránea de los pozos del Complejo Industrial Taparachi no cumple con los estándares establecidos por las normas de calidad del agua, el agua no es apta para el consumo humano, por lo que se recomienda utilizar filtros en el ambiente para disminuir estos valores.

Según Pancca (2021) investigó con el propósito de evaluar el impacto de la presencia de sanitarios en la calidad de las aguas subterráneas destinadas al consumo humano en los barrios 15 de Agosto y San Salvador. Consistió en un análisis e interpretación de las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas del agua destinada al consumo humano, con base en estándares de calidad del agua. Los parámetros fisicoquímicos como color, olor, sabor, pH, cloruro, sulfatos, nitratos, magnesio, sólidos disueltos totales, zinc, sodio, turbiedad, amoníaco están dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP). Excepciones: La dureza en sus cuatro muestras supera el 29 % de media, la alcalinidad

de la muestra 1 es del 16,1 %, el calcio de cuatro muestras es del 25 % de media, el aluminio de la muestra 2 es del 50 %, coliformes totales y termotolerantes (fecales) en sus 4 muestras en un promedio de 262% y 87.25%.

La investigación fue realizada en el sector del río Torococha en Juliaca, provincia de San Román, con el objetivo de determinar la calidad del agua de los pozos de los artesanos cerca de la ciudad de Juliaca, la determinación básica de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de las muestras de agua de 10 pozos, el resultado se comparó con el reglamento de calidad del agua especificada para consumo humano DS-031-2010-SA. Concluyó que ningún pozo del artesano cuenta con agua apta para el consumo humano. Después de la evaluación de riesgo ambiental, el escenario de consumo de agua con contaminación fecal de la fuente de agua alcanzó un nivel de riesgo muy alto de 240 colif./100 ml con coliformes fecales, y el escenario de consumo de agua con alto contenido de dureza alcanzó valor de 1128 mg/L, así mismo, alto contenido en sulfatos de 338,40 mg/L, y finalmente con alto contenido en cloruro de 511,84 mg/L representando un riesgo ambiental moderado (Tacuri, 2019).

Hernández et al. (2018) reportó que sus valores de conductividad oscilaron entre los 15 a 50 microohms este parámetro es de gran importancia ya que está relacionado con la salinización o sodificación del suelo o el agua; por lo tanto es un indicador de la presencia de los iones, un valor alto indica mayor concentración de dichos iones .

Huallpara et al. (2017) indicó que todas las muestras provenientes de los manantiales estudiados se encuentran contaminadas por coliformes totales que presentan concentraciones de hasta 2400 UFC/ml.

Robles et al. (2017) su estudio de caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea en el municipio Villa concluye que el 16.6%, de los parámetros comparados con NOM127-SSA1-1994 superan el límite permisible y la enumeración de las UFC de coliformes totales y la identificación de *Enterobacter sakazakii* y *Enterobacter cloacae*, impiden su uso para el consumo humano, Valenzuela & Yucra (2022) en su artículo

evaluó la calidad del agua subterránea mediante la evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua coliformes totales en 2 NMP/100 mL. quien también reafirma que el agua subterránea de los pozos del Complejo Industrial Taparachi no cumple con los estándares establecidos por las normas de calidad del agua, el agua no es apta para el consumo humano, por lo que se recomienda utilizar filtros en el ambiente para disminuir estos valores.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de pozos para consumo humano de la zona periférica de la ciudad de Desaguadero - Puno 2022.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de pozos para consumo humano de zonas periféricas de la ciudad de Desaguadero.
- Determinar la concentración de coliformes totales y coliformes termotolerantes en las aguas de pozos para consumo humano de zonas periféricas de la ciudad de Desaguadero.
- Comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos con los límites máximos permisibles de acuerdo al reglamento de calidad del agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA.

## CAPÍTULO II

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

#### 2.1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

##### 2.1.1 EXPLOTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

La cantidad de agua subterránea en el mundo equivale al 96% del agua dulce líquida de la tierra. El agua subterránea proporciona funciones y servicios que son útiles para las personas y el medio ambiente. 60% del agua bombeada se utilizan para la agricultura en zonas de clima seco y semiárido, el 25-40% del agua potable de todo el mundo provienen de las aguas subterráneas y el 50% de las megaciudades y cientos de otras ciudades importantes dependen en gran medida del uso de aguas subterráneas. Las aguas subterráneas son la fuente de agua dulce más importante del mundo para la sociedad, es un recurso estratégico que puede lograr la “reducción de la pobreza” y la “seguridad alimentaria”, especialmente en zonas áridas y semiáridas (Ordoñez, 2011).

##### 2.1.2 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Debido a que el agua subterránea se mueve a través de rocas y la tierra del subsuelo, que pueden disolver sustancias fácilmente durante este movimiento. Por esta razón, el agua subterránea a menudo contiene más material que el agua superficial. La contaminación del agua se puede definir como cambios en las propiedades físicas, químicas o biológicas que limitan su uso. Las sustancias que modifican la calidad de las aguas subterráneas se clasifican en: sustancias que se dan en la naturaleza y sustancias producidas por la actividad humana (Mamani, 2012).

### **2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

El agua en el camino hacia el acuífero emerge de la lluvia con ciertas características, absorbe otra agua en la ruta de escorrentía y continua convirtiéndose en la infiltración. Cuando llega al acuífero, entra en contacto con minerales de roca y se transforma lentamente. Los mecanismos involucrados en la composición y evolución del agua son la disolución (gas y sal) y la agresión química (disolución de carbono, hidrólisis, óxido-reducción, cambios de bases y reacciones bioquímicas). Por esta razón, el agua subterránea está altamente mineralizada (Romero, 2012).

### **2.1.4 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

#### **2.1.4.1 Parámetros de calidad física del agua**

##### **a. Temperatura (T)**

El agua subterránea generalmente tiene poca fluctuación de temperatura y responde a la temperatura promedio anual, aumentando la temperatura a medida que se profundiza a razón de aproximadamente 1°C cada 33 metros. La temperatura afecta la viscosidad del agua y su capacidad para absorber gas (Romero, 2012).

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

La turbidez es la dificultad que tiene el agua para transmitir la luz y se mide en partes por millón (ppm) de SiO<sub>2</sub>. El agua, llamada clara o transparente, tiene menos de 1,42 ppm de SiO<sub>2</sub> y se puede ver a un espesor de 4 metros. Hasta 2,85 ppm de SiO<sub>2</sub> se denomina opalina y es ligeramente turbio hasta 6,25 turbio hasta 9 y muy turbio por encima de 9 ppm. Para aguas subterráneas, el valor es generalmente menos de 1 ppm (Romero, 2012).

##### **c. Conductividad eléctrica (CE)**

La conductividad eléctrica (CE) es la capacidad de una disolución acuosa para conducir electricidad. La resistividad eléctrica es el recíproco de la conductividad. Este último se considera generalmente porque aumenta en paralelo con el contenido de sal. La conductividad aumenta con el contenido de electrolitos disueltos, fluctuando entre 100 -

2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en agua dulce subterránea y alrededor de 45000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en agua de mar a 18°C (Romero, 2012).

#### **d. Sólidos disueltos totales (SDT)**

SDT es una medida de la materia en una muestra de agua de menos de 2 micrones (2 millonésima parte de un metro) y no se puede eliminar con filtros convencionales. TDS es básicamente la suma de todos los minerales, metales y sales que se disuelven en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua. El SDT está clasificado como contaminante secundario por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) y se recomienda un máximo de 500 mg/L en el agua potable. Este estándar secundario se introdujo porque el aumento de SDT hace que el agua se vea turbia y reduce el sabor del agua. Las personas que no están acostumbradas a beber agua con alto contenido de SDT pueden experimentar inflamación gastrointestinal (Sigler & Bauder, 2017).

#### 2.1.4.2 Parámetros de calidad química del agua

##### **a. Potencial de hidrógeno (pH)**

El pH está clasificado por la USEPA como un contaminante secundario en el rango recomendado de 6.5 a 8.5. Los niveles de pH de los refrescos no recomendados no representan un riesgo directo para la salud, pero los niveles de pH por debajo de 6,5 pueden indicar agua corrosiva que puede movilizar metal en la tubería. Para valores de pH inferiores a 6,5, considerar análisis de corrosión y/o análisis de metales (especialmente plomo y cobre) (Sigler & Bauder, 2017).

##### **b. Dureza total**

La dureza del agua subterránea se debe a los cationes polivalentes que contiene y en especial a los cationes  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  (Romero, 2012).

##### **c. Sulfatos**

Derivado de la oxidación del suelo o sulfuros normales, es uno de los aniones más abundantes en agua dura. Son muy importantes para el suministro de agua potable, ya

que tienen un efecto catártico en los humanos cuando están presentes en excesivas cantidades (Pancca, 2021).

#### **D. Cloruros**

El agua natural contiene concentraciones muy diferentes de cloruro. Los manantiales o vertientes suelen tener una concentración baja de cloruro, y el agua de río o subterránea suele tener una cantidad considerable. El agua de mar tiene grandes cantidades de cloruro. El cloruro en la concentración correcta no es dañino para la salud de los seres humanos. Concentraciones de cloruro de aproximadamente 205 mg/L da un sabor salado al agua y provocan que muchos la rechazan. En áreas con escasez de agua, es importante utilizar una fuente de agua que contenga hasta 2.000 mg/L de cloruro en el uso doméstico, sin que cause efectos adversos, ya que el cuerpo humano se adapta al agua (Pancca, 2021).

#### **d. Nitratos.**

Es un nutriente importante para el desarrollo de la flora y fauna acuática. Se encuentra comúnmente en el agua que forma amoníaco, nitratos y nitritos. Cuando las aguas residuales domésticas se vierten en los recursos hídricos, el nitrógeno existe como nitrógeno orgánico amoniacal y, cuando entra en contacto con el oxígeno disuelto, se convierte en nitrito y nitrato por oxidación. Este proceso de nitrificación depende de la temperatura del agua, el nivel de oxígeno disuelto y el pH (Pancca, 2021).

#### **2.1.4.3 Parámetros de calidad bacteriológica del agua**

##### **a. Coliformes totales**

Las bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan de lactosa a una temperatura de 44.5°C para producir ácido y gas (CO<sub>2</sub>), aeróbico o anaeróbico facultativo, oxidasa negativo, libre de esporas, con actividad β-galactosidasa. Las bacterias pertenecientes al grupo de coliformes totales están presentes tanto en aguas residuales como naturales y pueden sobrevivir y multiplicarse en los sistemas de distribución de agua. Los coliformes son constantes y abundantes y están presentes casi exclusivamente

en la materia fecal, por lo que este grupo se utiliza como indicador de contaminación fecal en el agua. Los coliformes se componen de cuatro grupos principales: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* (Oblitas & Torres, 2016).

#### **b. Coliformes termotolerantes (fecales)**

Los coliformes fecales o termotolerantes, llamados por poder soportar temperaturas de hasta 45 °C, forman parte del conjunto de coliformes y se encuentran en concentraciones muy altas en las heces humanas y animales, provocando así la contaminación fecal del grupo principal. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunas especies de bacterias *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes. El grupo 95% de coliformes en heces está formado por *Escherichia coli* (Oblitas & Torres, 2016).

#### **2.1.5 CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

La calidad de las aguas subterráneas puede verse alterada por la introducción de sustancias asociadas a actividades humanas muy diversas. Las principales fuentes de contaminación son los agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas), los desechos líquidos o sólidos de las actividades industriales, la disposición incontrolada de residuos sólidos urbanos y el vertido de aguas servidas urbanas son las principales fuentes de contaminación, pero también existen otros como las aguas procedentes de la minería, las fugas de hidrocarburos o las fosas sépticas (Moradell & Renau-Pruñonosa, 2019).

#### **2.1.6 CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

El Ministerio de Salud ha publicado una serie de normas sobre la calidad del agua para consumo humano (DS N° 031-2010-SA). Establece límites máximos permisibles (LMP) tanto microbiológicos como físicoquímicos para las aguas destinadas al consumo humano. Un agua apta para consumo humano debe tener los siguientes parámetros físicoquímicos y bacteriológicos (Tabla 01 y 02).

**Tabla 01:** Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Bacterias coliformes totales	UFC/100 mL a 35 °C	0 (*)
Escherichia Coli	UFC/100 mL a 44,5 °C	0 (*)
Bacterias coliformes termotolerantes o fecales	UFC/100 mL a 44,5 °C	0 (*)
Bacterias heterotróficas	UFC/mL a 35 °C	500

UFC = unidad formadora de colonias (\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8/100 mL

Fuente: (Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010).

**Tabla 02:** Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor pH	6.5 a 8.5
Conductividad (25 °C)	µS/cm	1 500
Sólidos totales disueltos	mg/L	1 000
Cloruros	mg Cl/L	250
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> /L	250
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	500
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> /L	50
Sodio	mg Na/L	50

UCV = unidad de color verdadero

UNT = unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: (Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010).

### **2.1.7 REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO D.S N° 031-2010-SA**

Aprueba el reglamento de calidad del agua destinada al consumo humano. Consta de 10 títulos, 81 artículos, 12 disposiciones complementarias, transitorias y finales y 5 anexos, cuyo texto forma parte integrante de este decreto supremo. Hace más que simplemente establecer límites máximos permisibles para medidas de microbiología, parasitología, organoléptica, química orgánica e inorgánica y radiactividad. No obstante, otorga a los gobiernos regionales nuevas y más responsabilidades en cuanto a la vigilancia de la calidad del agua destinada al consumo humano. Además de fortalecer a la dirección general de salud ambiental (DIGESA) como autoridad sanitaria en estos temas (Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010), (Anexo 05).

### **2.1.9 LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (LMP)**

Es una medida de la concentración o contenido de los elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos o biológicos que caracterizan las aguas efluentes o las emisiones, que al ser excedida causa o puede dañar la salud, el bienestar humano y el medio ambiente (Mamani, 2012).

### **2.1.10 POZO**

Un pozo es un agujero, excavación vertical que es perforado en la tierra a una profundidad suficiente para llegar a lo que se busca (agua), sea o no un reservorio de agua subterránea o fluido como el petróleo de la capa freática o un túnel. Generalmente es de forma cilíndrica y suele tomarse la precaución de asegurar la pared con ladrillo, piedra, cemento o madera para evitar su deterioro y derrumbe (Ordoñez, 2011).

## **2.2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

### **2.2.1 EL AGUA**

Es una sustancia química que consta de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, y puede existir en tres estados: líquido, gas (vapor) y sólido (hielo). También se sabe que sigue el ciclo (ciclo del agua) en la naturaleza. Las propiedades del agua, esté

contaminada o no, se denominan propiedades del agua. Las propiedades son las propiedades que distinguen el agua de otros líquidos (Sierra, 2021).

#### **4.2.2 AGUA SUBTERRÁNEA**

Agua existente bajo la superficie terrestre, estas aguas subterráneas se pueden recolectar mediante perforaciones, túneles o drenajes, o fluyen naturalmente a la superficie por manantiales o filtraciones a los cursos fluviales (ríos) (Ordoñez, 2011).

### **2.3 HIPÓTESIS**

#### **2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL**

Un análisis de laboratorio permitirá conocer la concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de pozos para consumo humano de la zona periférica de la ciudad de Desaguadero - Puno 2022

#### **2.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

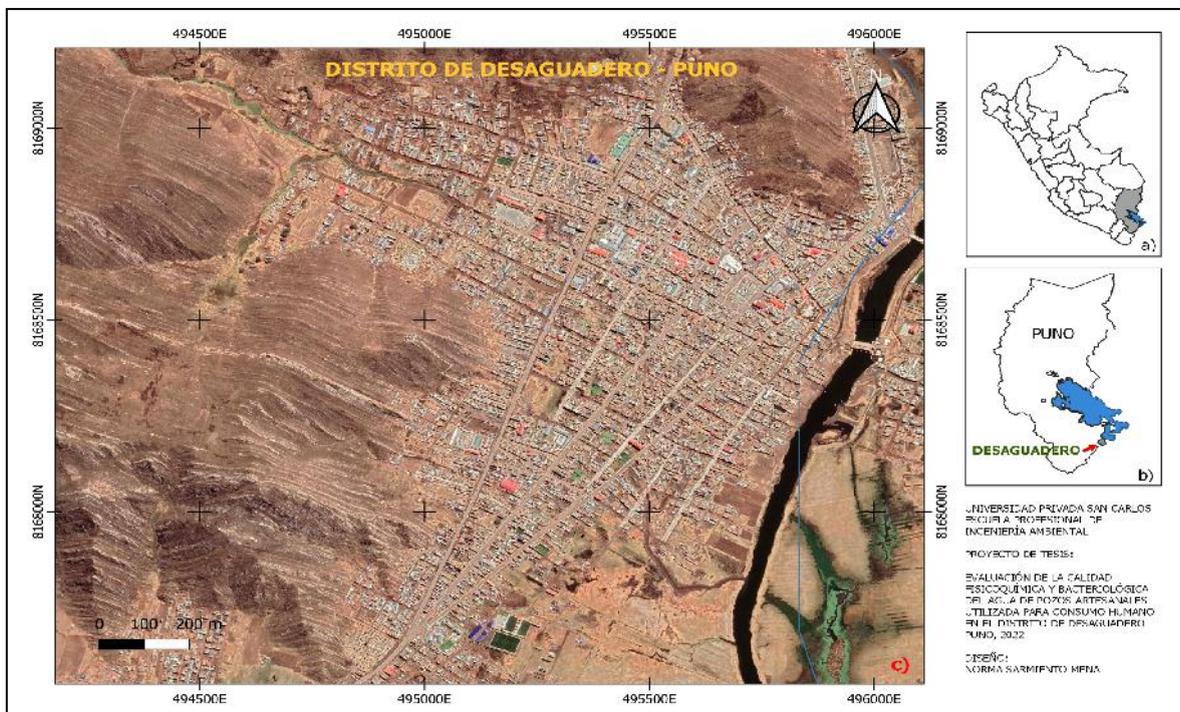
- La concentración de los parámetros fisicoquímicos que presentan las aguas de pozos de zonas periféricas de la ciudad de Desaguadero no cumplen las condiciones de calidad para consumo humano.
- La concentración de coliformes totales y coliformes termotolerantes en las aguas de pozos de zonas periféricas de la ciudad de Desaguadero no cumplen con los requerimientos de calidad para consumo humano.
- Los resultados de los parámetros obtenidos superan los límites máximos permisibles según el reglamento de calidad del agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 ZONA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en el distrito de Desaguadero provincia de Chucuito y Departamento de Puno, Perú. Ubicado en la meseta altiplánica de la parte sur de Puno, donde desemboca el río Desaguadero forma frontera con Bolivia geográficamente se encuentra entre los  $16^{\circ} 33'43''$  de latitud sur y los  $69^{\circ} 02' 25''$  de longitud oeste de Greenwich, a una altitud de 3840 m. La temperatura del distrito está entre  $-9,0^{\circ}\text{C}$  y  $15,0^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 01:** Localización del área de estudio. a) mapa de Perú; b) distrito de Desaguadero y c) sector periférico de la ciudad de Desaguadero.

**Fuente:** Google earth

## **3.2 TAMAÑO DE MUESTRA**

### **3.2.1 POBLACIÓN**

La población estaba conformada por aguas subterráneas (100 pozos artesanales) de cuatro zonas periféricas del distrito de Desaguadero.

### **3.2.2 MUESTRA**

Conformada por 08 puntos de muestreo (08 pozos artesanales) en cuatro zonas periféricas de Desaguadero, para el análisis de parámetros físico químicos y bacteriológicos, la técnica de muestreo fue no probabilístico por conveniencia, que permite seleccionar aquellos casos accesibles y próximas por consideración del investigador (Otzen & Manterola, 2017). El tipo de muestras a utilizar fue instantáneo e integrado de tipo transversal, en un solo momento.

### **3.2.3 TAMAÑO DE MUESTRA**

Las muestras fueron obtenidas por muestreo no probabilístico, bajo el criterio de elección dirigida en ocho pozos de forma puntual.

## **3.3 MÉTODO Y TÉCNICAS**

**Enfoque** : Cuantitativo

**Diseño** : Descriptivo

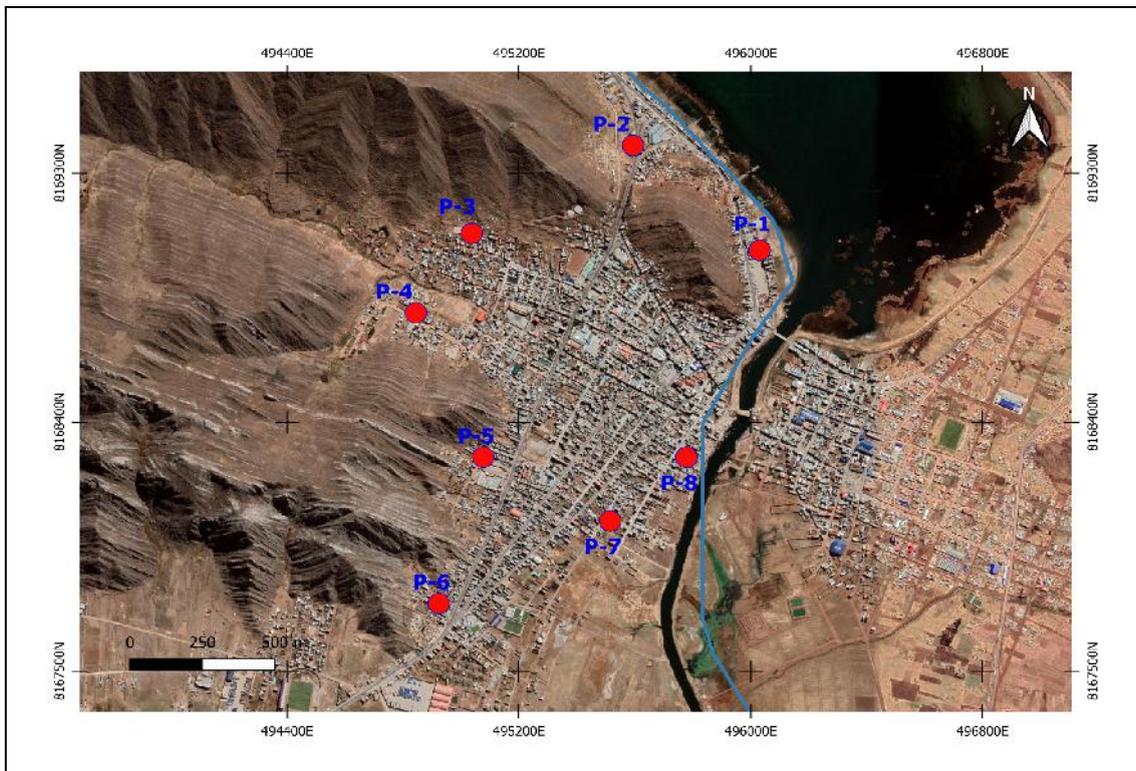
**Tipo** : No experimental

Muestreo no probabilístico o censal

### **3.3.1 UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO**

La ubicación de los puntos de muestreo fue en cuatro puntos cardinales de la zona periférica de Desaguadero, la ubicación de la fuente (pozo artesanal) para consumo humano y el número de muestras a tomar, considerando la facilidad de acceso y transporte a los puntos de muestreo, teniendo en cuenta el uso actual de la población. Además, se definió el registro de la información de los puntos de muestreo mediante coordenadas UTM utilizando un sistema de posicionamiento satelital (GPS) para permitir

un posicionamiento preciso. Los puntos de muestreo se muestran en Figura 02 y Tabla 03.



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

**Fuente:** Google Earth

Los puntos de muestreo (Tabla 03), fueron georreferenciados en coordenadas UTM en cuatro zonas periféricas del distrito de Desaguadero que comprende los siguientes barrios:

- Zona norte: barrios San Miguel y panamericana Norte
- Zona oeste: barrios Huancuri y miraflores
- Zona sur: barrios Alto Miraflores y la Unión
- Zona este: barrios Heroica Tacna y Huascar.

**Tabla 03:** Ubicación de puntos de muestreo en el distrito de Desaguadero

Zona	Puntos de muestreo	Coordenadas geográficas	
		X	Y
Norte	P-1	496053,6	8169009,9
	P-2	495586,6	8169369,2
Oeste	P-3	495031,6	8169084,8
	P-4	494813,1	8168777,7
Sur	P-5	495077,8	8168266,7
	P-6	494895,2	8167735,4
Este	P-7	495516,6	8168041
	P-8	495804	8168320,9

**a. Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de pozos para consumo humano de zonas periféricas de la ciudad de Desaguadero.**

Los análisis fisicoquímicos del agua fueron realizados en el laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y el parámetro bacteriológico en el laboratorio de biología UNA - Puno, se analizaron los siguientes parámetros:

**Tabla 04:** Parámetros seleccionados para análisis de calidad de agua de pozo para consumo humano

Parámetro	Tipo de parámetro		
	Físico	Químico	Bacteriológico
Temperatura	X		
Turbidez	X		
Conductividad eléctrica	X		
pH		X	
Cloruros		X	
Sulfatos		X	
Dureza total		X	
Nitratos		X	
Sodio		X	
Coliformes totales			X
Coliformes termotolerantes			X

**b. Determinar la concentración de coliformes totales y coliformes termotolerantes en las aguas de pozos para consumo humano de zonas periféricas de la ciudad de Desaguadero.**

### 3.3.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR DATOS

Se llevó a cabo de acuerdo con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), que se establece en las disposiciones complementarias finales del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

### 3.3.3 MÉTODOS DE LABORATORIO

Se utilizaron las metodologías de la (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2012) (Anexo 07), Manual de Análisis de Agua HACH (2000) para los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos (Tabla 05).

**c. Comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos con los límites máximos permisibles de acuerdo al reglamento de calidad del agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA.**

### 3.3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

Calidad fisicoquímica: pH, temperatura, turbidez, conductividad eléctrica, dureza total, nitratos, sulfatos, sodio y cloruros y bacteriológica: Coliformes totales Coliformes termotolerantes del agua de pozo, las cuales se mide la condición del agua en relación con los requisitos para su consumo humano y comparar con los límites máximos permisibles según el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA).

**Tabla 05:** Operacionalización de variables de investigación

Variable	Dimensión	Indicador	Escala de medición
<b>Independiente</b>	Análisis fisicoquímica y bacteriológica	Temperatura	°C
		Turbidez	UNT
		Conductividad eléctrica	µS/cm
		pH	
		Cloruros	
		Sulfatos	mg Cl/L
		Dureza total	mg SO <sub>4</sub> /L
		Nitratos	mg CaCO <sub>3</sub> /L
		Sodio	mg NO <sub>3</sub> /L
		Coliformes totales	mg Na/L
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL		
<b>Dependiente:</b> Agua	(D.S. N° 031-2010-SA - SENASA)	Temperatura	°C
		Turbidez	°C
		Conductividad eléctrica	UNT
		Sólidos totales disueltos	µS/cm
		pH	
		Cloruros	mg/L
		Sulfatos	
		Dureza total	
		Nitratos	mg Cl/L
		Coliformes totales	mg SO <sub>4</sub> /L
Coliformes termotolerantes	mg CaCO <sub>3</sub> /L mg NO <sub>3</sub> /L UFC/100 mL		
		UFC/100mL	

### 3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variable independiente: Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

Variable dependiente: Agua

### 3.5 MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Se determinó la normalidad y homogeneidad del resultado de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de pozo (datos) mediante el método de ajuste de Shapiro-Wilks. Los datos y las variables que no siguieron una distribución normal se compararon mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Los resultados que presentaron distribución normal fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA,  $p < 0,05$ ), y las diferencias entre las medias fueron evaluadas por la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). La relación de puntos de muestreo con las variables fisicoquímicas y bacteriológicas del agua de pozo se evaluaron mediante la significancia de los coeficientes de correlación lineal de Pearson ( $r$ ), a un nivel de significancia del 5%. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat versión 2020 (Di Renzo et al., 2020). Todos los datos se describieron como medias  $\pm$  error estándar de la media.

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS AGUAS DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO

##### 4.1.1 PARÁMETROS FÍSICOS

##### 4.1.1.1 Temperatura

**Tabla 06:** Valores de temperatura de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8).

PARÁMETRO TEMPERATURA °C				
MUESTRA	VALORES °C	LMP	ZONA	MEDIAS
POZO 1	16.1	16.5	Norte	16.15 <sup>b</sup>
POZO 2	16.2	16.5		
POZO 3	16.9	16.5	Oeste	16.85 <sup>a</sup>
POZO 4	16.8	16.5		
POZO 5	16.6	16.5	Sur	16.71 <sup>a</sup>
POZO 6	16.82	16.5		
POZO 7	16.9	16.5	Este	16.95 <sup>a</sup>
POZO 8	17	16.5		
Promedio	16.67 ± 0.34			
Min	16.1			
Max	17			
CV	2.03			

En la tabla 06: nos muestra los resultados presentando como temperatura mínima 16.10 °C y máxima de 17 °C con una media de 16.67 °C resaltando que los datos sobre la temperatura son de gran importancia debido a que con la medición de la temperatura se puede identificar fuentes de agua como los pozos profundos a la vez la temperatura del agua de pozo influye en su sabor. Comparando entre las cuatro zonas de muestreo, la zona norte muestra una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con respecto a las otras zonas según la prueba de Tukey.

Los resultados de esta investigación son menores a lo encontrado por Molina (2018) en su trabajo de investigación denominado propuesta de uso del agua subterránea para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos cuyos resultados de Análisis químico y fisicoquímico del agua subterránea fueron como temperatura mínima de 21.60°C en el periodo de Otoño para la muestra y una temperatura máxima de 24 °C en el periodo de Verano. Jiménez & Colmenares (2009) afirman que las aguas subterráneas gozan por lo general, de temperatura constante mientras que las aguas de circulación superficial no poseen nunca debido a que están sometidas a evaporaciones, intercambios térmicos con el aire exterior y el terreno de superficie por el que discurre, radiación solar. Por otro lado, Sandoval (2021) reportó una temperatura promedio de 17.82 °C, en su trabajo de investigación titulado análisis de la calidad de agua para consumo humano estos resultados fueron corroborados por Rodríguez (2009) quien indica que los datos sobre la temperatura son importantes para el cálculo de la solubilidad del oxígeno y del equilibrio dióxido de carbono-bicarbonato-carbonato indicando que con la sola medición de la temperatura se puede identificar fuentes de agua como los pozos profundos, siendo estos resultados similares al presente estudio. Hernández et al. (2018) indica que la temperatura del agua potable influye en su sabor, reportando valores de 18 a 25 °C los cuales se encuentran dentro de los que son intervalos más o menos estables para considerar los otros análisis realizados, exceptuando la conductividad, que sí varía de acuerdo a esta característica, en un estudio titulado análisis fisicoquímico y microbiológico de agua purificada resaltan

la importancia de medir la temperatura del agua debido a que es uno de los parámetros más importantes de la calidad de agua la temperatura afecta la química del agua y las funciones de los organismos, por último Calsin (2016) reporta valores de  $14.49 \pm 0.38$  °C en pozos artesanales y en pozos tubulares  $14.52 \pm 0.40$  °C, siendo estos valores menores a los valores del presente estudio.

#### 4.1.1.2 Turbidez

**Tabla 07:** Valores de turbidez de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8)

PARÁMETRO TURBIDEZ UNT				
MUESTRA	VALORES UNT	LMP	ZONA	MEDIAS
POZO 1	1.01	5	Norte	1.02 <sup>b</sup>
POZO 2	1.03	5		
POZO 3	0.9	5	Oeste	0.85 <sup>b</sup>
POZO 4	0.8	5		
POZO 5	19.41	5	Sur	10.31 <sup>a</sup>
POZO 6	1.2	5		
POZO 7	0.85	5	Este	0.98 <sup>b</sup>
POZO 8	1.1	5		
Promedio	$3.29 \pm 6.52$			
Min	0.8			
Max	19,14			

En la tabla 07 se visualiza los valores de turbidez, el valor máximo es 19.14UNT mg/L y mínimo de 0.8 UNT mg/L con un promedio de 3.29 UNT mg/L. Comparando entre las cuatro zonas de muestreo, la zona sur muestra una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con respecto a las otras zonas según la prueba de Tukey.

Comparando los resultados de esta investigación con Hernández et al. (2018) en su investigación encontraron valores de cero UTN en cuanto al parámetro turbidez en todas sus muestras analizadas, tanto de fuentes como de pipas; resaltando que valores

elevados en este parámetro evitan la desinfección adecuada del agua, provocando la proliferación de microorganismos, respaldado por (Marcó et al., 2004), por otro lado Simanca et al. (2010) al evaluar la calidad física, química y bacteriológica del agua envasada en el municipio de Montería para el parámetro de turbiedad en agua envasada reporta valores de (0.0 y 1.4 UTN), sin embargo Sandoval (2021) encontró para el parámetro turbidez 1.81 UNT, mientras que el menor valor fue para su Pozo 4 con 1.05, el promedio para los cinco pozos fue de 1.34 UNT mg/l, con una desviación estándar de 0.30 UNT, resultados similares a la presente investigación, por otra parte Calsin (2016) reportó un valor de turbidez de agua  $2.15 \pm 0.39$  UNT en pozos artesanales y en tubulares  $3.09 \pm 0.42$  UNT.

#### 4.1.1.3 Conductividad eléctrica

**Tabla 08:** Valores de conductividad eléctrica de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8)

PARÁMETRO CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA uS/cm				
MUESTRA	VALORES uS/cm	LMP	ZONA	MEDIAS
POZO 1	789	1500	Norte	915.50 <sup>a</sup>
POZO 2	1042	1500		
POZO 3	537	1500	Oeste	562.50 <sup>a</sup>
POZO 4	588	1500		
POZO 5	919	1500	Sur	1416.50 <sup>a</sup>
POZO 6	1914	1500		
POZO 7	496	1500	Este	435.00 <sup>a</sup>
POZO 8	374	1500		
Promedio	$832.38 \pm 491.86$			
Min	374			
Max	1914			
CV	59,09			

En la tabla 08 se observan valores de conductividad eléctrica teniendo un valor máximo de 1914  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y un mínimo de 374  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , el promedio de esta investigación es de 832.38  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Comparando entre las cuatro zonas de muestreo, las diferentes zonas no muestran diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) según la prueba de Tukey.

Sandoval (2021) reporta resultados mayores al presente trabajo cuyos valores de parámetros físicos en el agua de pozo en el Centro poblado de Moro fueron, conductividad eléctrica promedio de 5270  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que supera el límite permisible (1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), por su lado Hernández et al. (2018) reportó que sus valores de conductividad oscilaron entre los 15 a 50 microohms este parámetro es de gran importancia ya que está relacionado con la salinización o sodificación del suelo o el agua; por lo tanto es un indicador de la presencia de los iones, un valor alto indica mayor concentración de dichos iones Rodríguez (2009) menciona que la conductividad es la suma de las conductividades de cada ión presente en sus resultados obtenidos, se puede observar que sus muestras de las fuentes FE1 tuvieron valores de CE de 50 tuvieron las concentraciones más altas de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{Cl}^-$ ; mientras que las muestras de las fuentes FE4, con CE bajas mostraron valores bajos de  $\text{Cl}^-$ . Los valores de calcio varían de 0.80 mg/L a 2.4.

## 4.1.2 PARÁMETROS QUÍMICOS

### 4.1.2.1 pH

**Tabla 09:** Valores de pH de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8)

PARÁMETRO PH				
MUESTRA	VALORES PH	LMP	ZONA	MEDIAS
POZO 1	7.7	6.5 a 8.5	Norte	7.75 <sup>a</sup>
POZO 2	7.8	6.5 a 8.5		
POZO 3	7.6	6.5 a 8.5	Oeste	7.5 <sup>a</sup>
POZO 4	7.4	6.5 a 8.5		
POZO 5	7.6	6.5 a 8.5	Sur	7.5 <sup>a</sup>
POZO 6	7.4	6.5 a 8.5		
POZO 7	7.8	6.5 a 8.5	Este	8.0 <sup>a</sup>
POZO 8	8.2	6.5 a 8.5		
Promedio	7.69 ± 0.26			
Min	7.4			
Max	8.2			
CV	3.37			

Los resultados de PH se muestran en la tabla 09 con un valor mínimo de 7.4 y máximo de 8.2 con una media de 7.69. Comparando las cuatro zonas de muestreo, no muestran diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) según la prueba de Tukey.

Hernández et al. (2018) encontró un pH que fue ligeramente más básico en las fuentes (6.8 a 7.77), comparado con las pipas (6.5 a 6.64) resaltando que el pH del agua es importante para el desarrollo óptimo de los organismos que la consumen, ya que el agua es factor elemental en muchas reacciones metabólicas y la regulación del equilibrio de ésta depende de mecanismos del hipotálamo que controlan la sed, de la hormona antidiurética (ADH), de la retención o excreción de agua por los riñones, Baccaro et al. (2006) encontró valores de 6.44 y 7.48; en las fuentes valores similares al reportado por Márquez et al. (2012), en su trabajo de investigación titulado caracterización microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas de los municipios de La Paz y San

Diego, Cesar, Colombia reportó un pH de 6.71 – 8.2. Los resultados de esta investigación también se asemejan a resultados de Sandoval (2021) quien encontró parámetros químicos en el agua de pozo del Centro poblado de Moro el promedio de pH fue de 7.62 unidades que se encuentra dentro de lo normal, Respecto a este parámetro Calsin (2016) reporta un pH total de  $7.39 \pm 0.08$  UpH en pozos artesanales y en tubulares  $7.14 \pm 0.12$  UpH, valores cercanos a los reportados en este estudio, valor que se encuentra dentro del rango considerado como normal para este tipo de agua, otro trabajo de investigación realizado por Huallpara et al. (2017) cuyos parámetros medidos en campo mostraron valores de pH ligeramente alcalinos, comprendidos entre 6,4 y 8,6 con una mediana de 7,0 por su lado Molina (2018) en su investigación predomina el pH neutro con un valor máximo de 7.84 para su muestra M<sup>3</sup>. Rodríguez (2009) al evaluar los parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable indica que el pH es una expresión del carácter ácido o básico de un sistema acuoso y en términos prácticos, es una medida de la concentración del ion hidrógeno en la muestra. El pH del agua potable debe estar entre 6,5 y 8,5. también reportó que las fuentes de agua de Grecia centro y el Distrito de Tacares están cercanas a pH 7, es decir presentan un valor muy cercano al neutro para el distrito de San José se encuentra fuera del parámetro permitido y el de San Isidro se encuentra ligeramente por debajo de este límite, con un pH de 6.48, por su parte Hernández et al. (2018) define al PH como el logaritmo de la concentración de iones hidrógeno y la escala de pH se extiende desde el 0 (muy ácido) al 14 (muy alcalino), siendo 7 la neutralidad exacta a 25°C, Mora & Alfaro, (1999) indica que los valores de pH en las aguas puede ser de tipo natural o artificial puede variar entre 4.5 y 8.5 e incluye el valor de 5.6 del pH del agua de lluvia en equilibrio con el CO<sub>2</sub> atmosférico, como causa natural se encuentra el anhídrido carbónico disuelto, procedente de la atmósfera, y más fundamentalmente, del que se encuentra en la zona de infiltración de la tierra producido por la respiración de los organismos vivos, así como de la respiración y fotosíntesis de los organismos acuáticos,

el pH se encuentra en el primer nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado mínimo de 6.5 y un máximo admisible de 8.5.

#### 4.1.2.2 CLORUROS

**Tabla 10:** Valores de cloruros de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8)

PARÁMETRO CLORUROS mg/L				
MUESTRA	CLORUROS mg/L	LMP	ZONA	MEDIAS
POZO 1	60.27	250	Norte	88.63a
POZO 2	116.99	250		
POZO 3	10.64	250	Oeste	10.64a
POZO 4	10.64	250		
POZO 5	35.45	250	Sur	196.77a
POZO 6	358.08	250		
POZO 7	14.18	250	Este	15.96a
POZO 8	17.73	250		
Promedio	78.00 ± 118.85			
Min	10.64			
Max	358.08			
CV	152.37			

En la tabla 10 se muestran los resultados de cloruros cuyo valor máximo es 358.08 mg/L y mínimo 10.64 mg/L con un promedio de 78 mg/L. Comparando entre las cuatro zonas de muestreo, las diferentes zonas no muestran diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) según la prueba de Tukey.

Los valores de esta investigación son mayores a los reportados por Hualpara et al. (2017) quien en su trabajo de investigación reporta un valor máximo de 74 mg/L y mínimo de 11 mg/L que superan a los reportados en esta investigación, sin embargo, están dentro de los LMP (250 mg/L) por sus lado Rodríguez (2009) reportó valores de

450,38 ± 194,43 al igual que Sandoval (2021) reportó que en el Pozo 1 se encontró el mayor valor de cloruros 457.43 mg/l, mientras que el menor valor lo obtuvo en el Pozo 5 con 92.19, en promedio para los cinco pozos se reportó 289.35 mg/l, con una desviación estándar de 130.35 mg/l. Considerando el límite máximo permisible (LMP) de 250 mg/l, su análisis estadístico mediante la prueba de Z para una muestra, indica que no existe diferencia significativa ( $p=0.250$ ), de lo cual se interpreta que los cloruros de las aguas en los pozos del Centro Poblado de Moro, en promedio superan el LMP. Si bien el contenido en cloruros del agua no suele ocasionar problemas de potabilidad, cuando se encuentra en concentraciones elevadas puede dañar las tuberías de conducción y estructuras metálicas (Gil-Marín et al., 2018).

#### 4.1.2.3 SULFATO

**Tabla 11:** Valores de sulfato de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de  $p<0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8)

PARÁMETRO SULFATOS mg/L				
MUESTRA	SULFATOS mg/L	LMP	ZONA	MEDIAS
POZO 1	48.03	250	Norte	53.8 <sup>a</sup>
POZO 2	59.56	250		
POZO 3	48.03	250	Oeste	49.95 <sup>a</sup>
POZO 4	51.87	250		
POZO 5	51.87	250	Sur	49.95 <sup>a</sup>
POZO 6	48.03	250		
POZO 7	51.87	250	Este	51.87 <sup>a</sup>
POZO 8	51.87	250		
Promedio	51.39 ± 3.81			
Min	48.03			
Max	59.56			
CV	7.41			

En la Tabla 11 se muestran los resultados de sulfato donde el Valor máximo fue 59.56 mg/L y mínimo para 48.43 mg/L. Comparando entre las cuatro zonas de muestreo, las diferentes zonas no muestran diferencia significativa ( $p>0.05$ ) según la prueba de Tukey.

Comparando los resultados de esta investigación con otros estudios Hernández et al. (2018) reportaron promedios de 91.2 mg/L a 740.0 mg/L estos resultados son superiores a los resultados de esta investigación, sin embargo Sandoval (2021) reporta que el mayor valor para sulfatos lo obtuvo del Pozo 5 con 48.99 mg/l, mientras que el menor valor se obtuvo para el Pozo 2 y 4 con 41.78, en promedio para los cinco pozos se tiene 43.65 mg/l, con una desviación estándar de 3.09 mg/l. Considerando el límite máximo permisible (LMP) de 250 mg/l, interpretando que los sulfatos de las aguas de los pozos del Centro Poblado de Moro, no superan el LMP. Los sulfatos pueden tener una acción laxante cuando son ingeridas en cantidades elevadas que superan la capacidad del intestino para absorberlos Valderrama *et al.*, (2010) sin embargo en este estudio los valores hallados no superaron los valores permisibles para este parámetro químico, por otro lado Valenzuela & Yucra (2022) reporta que el valor mayor de Sulfatos, lo obtuvo el pozo nuevo con una media de  $159,23 \pm 29,54$  y cuyos valores oscilaron entre 780,0 y 1844,0. concluyendo que no existen diferencias significativas entre los resultados del parámetro fisicoquímico Sulfatos en ambos pozos cuyos valores superan los LMP, Hernández et al. (2018) reportaron valores para sulfato entre 18,0 y 425 mg/L (mediana: 48,0 mg/L).

#### 4.1.2.4 DUREZA TOTAL

**Tabla 12:** Valores de dureza total de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8).

MUESTRA	PARÁMETRO DUREZA TOTAL mg/L			
	DUREZA TOTAL mg/L	LMP	ZONA	MEDIAS
POZO 1	836	500	Norte	934.5 <sup>a</sup>
POZO 2	1033	500		
POZO 3	395.2	500	Oeste	463.6 <sup>a</sup>
POZO 4	532	500		
POZO 5	760	500	Sur	1140 <sup>a</sup>
POZO 6	1520	500		
POZO 7	661.2	500	Este	520.6 <sup>a</sup>
POZO 8	380	500		
Promedio	764.68 ± 377.39			
Min	380			
Max	1520			
CV	49.35			

La tabla 12 nos muestra los resultados de dureza total mg/l observando los siguientes promedios el valor máximo es de 1520 mg/l y mínimo de 380 mg/L. Comparando entre las cuatro zonas de muestreo, las diferentes zonas no muestran diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) según la prueba de Tukey.

Comparando los resultados de esta investigación con los reportados por Calsin (2016) quien en su estudio reportó valores de dureza total del agua 628.91 mg/L para pozos artesanales y 438.91 mg/L para pozos tubulares en el sector Taparachi III de la ciudad de Juliaca por otro lado Rodríguez (2009) Indica que el agua dura es la que contiene un alto nivel de minerales y posee cantidades variables de compuestos, en particular sales de magnesio y calcio son las causantes de la dureza del agua, y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de estas sales, Sandoval (2021) reportó que en el Pozo 1 obtuvo un mayor valor 210.86 mg/l, mientras que el menor valor se obtuvo para el Pozo 3 con 69.32, en promedio para los cinco pozos fue 134.19 mg/l, con una

desviación estándar de 56.34 mg/l. cuyos datos están dentro de los LMP, a la vez Valenzuela & Yucra (2022) en su trabajo de investigación titulado Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca encontró un valor de 573 mg/L, de dureza del agua un valor más alto al límite máximo permisible del D.S. N°031-2010-SA, por tanto, no es apto para el consumo humano por exceder el límite máximo permisible, por su lado Qureshi et al. (2021) indica que la presencia de iones de calcio y magnesio contribuye a la dureza del agua subterránea. La Organización Mundial de la Salud afirma que la dureza del agua depende del pH, por lo que si supera los 200 mg/L se considera agua dura, lo que provoca incrustaciones, Sánchez et al. (2016) obtiene un valor en dureza total (60%); Na<sup>+</sup> (9,8%); Cl<sup>-</sup> (9,9%) y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (3%, 2012) a la vez Rodríguez (2009) corrobora que el agua dura indica que contiene un alto valor de minerales y cantidades variables de compuestos como las sales de magnesio y calcio por último Tacuri (2019) reportó valores de Dureza total máximos de 500 mg/L, y mínimo de 292.6 mg/L, en pozos de la ciudad de Juliaca cuyos valores están dentro de los LMP y difieren a la presente investigación.

#### 4.1.2.5 NITRATOS

**Tabla 13:** Valores de nitratos de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8)

MUESTRA	PARÁMETRO NITRATOS mg/L			ZONA	MEDIAS
	NITRATOS mg/L	LMP			
POZO 1	55.8	50		Norte	111.61 <sup>a</sup>
POZO 2	167.41	50			
POZO 3	37.2	50		Oeste	34.1 <sup>a</sup>
POZO 4	31	50			
POZO 5	18.6	50		Sur	15.5 <sup>a</sup>
POZO 6	12.4	50			
POZO 7	43.4	50		Este	46.5 <sup>a</sup>
POZO 8	49.6	50			
Promedio	51.93 ± 48.93				
Min	12.4				
Max	167.41				
CV	94.23				

La tabla 13 muestra los resultados de nitratos, teniendo un valor máximo de 167.41 mg/L y un mínimo de 12.4 mg/L. Comparando entre las cuatro zonas de muestreo, las diferentes zonas no muestran diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) según la prueba de Tukey.

Hernández et al. (2012) señala que para la calidad del agua en pozos reporta la presencia de nitratos de origen antropogénico en un acuífero somero con valores máximos de 55.8 mg/l, en consecuencia reporta un valor de 29.6 mg L<sup>-1</sup> y señala que su origen se encuentra en las actividades agrícolas y ganaderas presentes en la zona, en el presente estudio reportamos un valor promedio mayor al indicado y su origen estaría también en las actividades agrícolas en la zona de estudio. Molina (2018) nos muestra que Los nitratos en el agua subterránea de Corire tienen los valores más bajos durante la primavera, con 12.78 NO<sub>3</sub>-mg/L para las muestras M3, y los más altos durante el invierno, con 16.14 NO<sub>3</sub>-mg/L para las muestras M3. Por lo tanto, durante todo el período de

muestreo, se puede demostrar que los niveles de nitratos están dentro del límite establecido por DS N° 031-2010-SA de 50.00 mg/L NO<sub>3</sub>. Molina (2018) resaltan que la presencia de ion nitrato en el agua subterránea de Corire se debe a que la región es agrícola y se utilizan fertilizantes en los cultivos, lo que provoca la lixiviación del nitrógeno en el flujo del agua subterránea. Hernández et al. (2018) también encontraron presencia de nitratos en 10 de las muestras de manantiales los cuales supera el valor máximo permisible establecido por la NB 512, con valores de hasta 105 mg/L, de la misma manera, recomendó que debe hacerse un tratamiento previo para potabilizar el agua de estas fuentes toda vez que su persistencia en el agua puede causar diferentes tipos de enfermedades.

#### 4.1.2.6 SODIO

**Tabla 14:** Valores de sodio de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8)

PARÁMETRO SODIO mg/L				
MUESTRA	SODIO mg/L	LMP	ZONA	MEDIAS
POZO 1	48.28	200	Norte	28.74 <sup>a</sup>
POZO 2	9.2	200		
POZO 3	28.51	200	Oeste	31.15 <sup>a</sup>
POZO 4	33.79	200		
POZO 5	54.03	200	Sur	91.04 <sup>a</sup>
POZO 6	128.05	200		
POZO 7	48.05	200	Este	33.8 <sup>a</sup>
POZO 8	19.54	200		
Promedio	46.18 ± 36.48			
Min	9.2			
Max	128.05			
CV	78.99			

En la tabla 14 se muestran los resultados de sodio, reportando como valor máximo 128.05 mg/L y mínimo de 9.2 mg/L con un media de 46.18 mg/L. Comparando entre las

cuatro zonas de muestreo, las diferentes zonas no muestran diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) según la prueba de Tukey.

Comparando con otros estudios Morales (2022) en su investigación titulado calidad física y bacteriológica del agua subterránea utilizada para consumo humano reporta una media de 29.25 valores menores a los encontrados en vuestra investigación por su lado Pancca (2021) Indica que Las sales de sodio son altamente solubles y tienden a permanecer en solución porque no se producen reacciones de precipitación entre ellas como ocurre con el Ca. Sin embargo, el Na puede ser absorbido en arcillas con alta capacidad de cambio catiónico y puede ser intercambiado por Ca, lo que reduce la dureza de las aguas. Además, la presencia excesiva de sodio es muy perjudicial para la agricultura porque tiende a impermeabilizar los suelos, la concentración de sodio en aguas subterráneas de los barrios 15 de Agosto y San Salvador es de  $2.00 \pm 3.00$  mg/L, y la concentración de sodio en aguas de pozos de la ciudad de Juliaca es de  $2.00 \pm 3.00$  mg/L, especialmente en zonas de drenaje deficiente.

#### **4.2 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO**

#### 4.2.1 COLIFORMES TOTALES

**Tabla 15:** Valores de Coliformes totales de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8)

PARÁMETRO COLIFORMES TOTALES (37 C°) NMP/100ml				
MUESTRA	Coliformes totales (37 C°) NMP/100ml	LMP	ZONA	MEDIAS
POZO 1	23	≤1.8	Norte	71,5 <sup>a</sup>
POZO 2	120	≤1.8		
POZO 3	23	≤1.8	Oeste	23 <sup>a</sup>
POZO 4	23	≤1.8		
POZO 5	1100	≤1.8	Sur	561.5 <sup>a</sup>
POZO 6	23	≤1.8		
POZO 7	23	≤1.8	Este	59 <sup>a</sup>
POZO 8	95	≤1.8		
Promedio	178.75 ± 270.94			
Min	23			
Max	1100			
CV	209.37			

En la tabla 15 se muestran los resultados de coliformes totales mostrando como valor máximo 1100 NMP /100mL y mínimo 23 NMP/100 mL con una media 178.75 NMP/100mL. Comparando entre las cuatro zonas de muestreo, las diferentes zonas no muestran diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) según la prueba de Tukey.

#### 4.2.2 COLIFORMES TERMOTOLERANTES

**Tabla 16:** Valores de Coliformes termotolerantes de agua de pozo y comparación estadística (ANOVA de Tukey a nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) por zonas de estudio (Norte: Pozo 1 y 2; Oeste: pozo 3 y 4; Sur: pozo 5 y 6; Este: pozo 7 y 8)

PARAMETRO COLIFORMES TERMOTOLERANTES (42.5 °C) NMP/100ml				
MUESTRA	Coliformes termotolerantes (42.5 °C) NMP/100ml	LMP	ZONA	MEDIAS
POZO 1	9.1	≤1.8	Norte	42.05a
POZO 2	75	≤1.8		
POZO 3	23	≤1.8	Oeste	23a
POZO 4	23	≤1.8		
POZO 5	240	≤1.8	Sur	124.55a
POZO 6	9.1	≤1.8		
POZO 7	9.1	≤1.8	Este	36.55a
POZO 8	64	≤1.8		
Promedio	56.54 ± 61.58			
Min	9.1			
Max	240			
CV	138.72			

En la tabla 16 se muestran los resultados de coliformes termotolerantes reportando como valor máximo 240 NMP/100mL y mínimo de 9.1 NMP/100 mL con una media de 56.54 NMP/100mL. Comparando entre las cuatro zonas de muestreo, las diferentes zonas no muestran diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) según la prueba de Tukey.

Sandoval (2021) evaluó parámetros microbiológicos en el agua de pozo en el Centro poblado de Moro encontrando para coliformes totales un promedio de 109.60 UFC/100 ml superando el límite permisible (100 UFC/100 ml). Masocha et al. (2019) indica que la presencia de coliformes en aguas subterránea se debe a las aguas residuales, y podría indicar la presencia de otros patógenos que lleguen a causar enfermedades transmitidas por el agua, lo cual esta genera una preocupación de salud pública Las enfermedades que pueden provocar la contaminación por patógenos son la tifoidea, fiebres, cólera, disentería, diarreas (OMS, 2011; Smith et al., 2012). En otro trabajo realizado por Calsin (2016) obtuvo parámetros mayores a los LMP respecto a coliformes totales y fecales, en

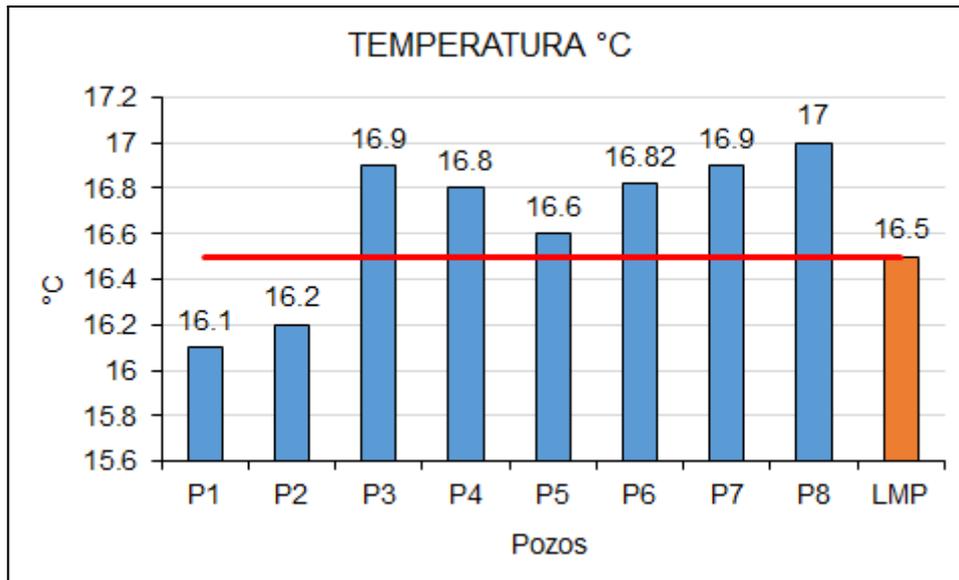
zonas cercanas (sector Taparachi, sin embargo Tacuri (2019), también evaluó la calidad de agua en el sector circunvalación 2 en la ciudad de Juliaca obteniendo niveles altos de coliformes (Pancca, 2021), al evaluar la calidad de agua subterránea en los barrios 15 de agosto y San Salvador, encontró niveles superiores a los LMP respecto a dureza, aluminio y coliformes, Huallpara et al. (2017) indicó que todas las muestras provenientes de los manantiales estudiados se encuentran contaminados por coliformes totales que presentan concentraciones de hasta 2400 UFC/ml; del mismo modo Molina (2018) evaluó parámetros microbiológicos identificados en el agua subterránea para consumo humano de Uraca - Corire donde encontró la presencia de Coliformes Totales y Coliformes Fecales en el periodo de la primavera, sobrepasando el valor establecido por el DS N°031 – 2010 – SA. indicando deficiencia de desinfección, resultados similares a este estudio que son reportados por Anduro et al. (2017) quien en su artículo desarrollado en México, determinó la prevalencia y los niveles de contaminación por bacterias mesofílicas aerobias (BMA), *coliformes totales* (CT), coliformes fecales (CF), *Escherichia coli* (*E. coli*) y *Salmonella spp.*, como indicador de la calidad higiénica del agua de pozo destinada al uso y consumo humano encontraron que todas las muestras mostraron contaminación microbiana y ausencia de cloro residual. El 21.7% tenía un BMA  $\geq 200$  UFC mL<sup>-1</sup> y el 50.9% y 39.6% tenían contaminación por CT y CF; el 8.5% de las muestras contenían *E. coli*; el patógeno *Salmonella spp.*, no estaba presente, por otro lado Robles et al.,(2017) su estudio de caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea en el municipio Villa concluye que el 16.6%, de los parámetros comparados con NOM127-SSA1-1994 superan el límite permisible y la enumeración de las UFC de coliformes totales y la identificación de *Enterobacter sakazakii* y *Enterobacter cloacae*, impiden su uso para el consumo humano, Gutiérrez & Linares (2018) llegaron a los siguientes resultados mostrando que el 100% de las muestras de agua de pozo presentaron olores característicos y colores turbios, Coliformes totales, *E. coli* y protozoos patógenos, superando el límite máximo permisible según estudios nacionales concluyendo que los niveles de contaminación microbiana de pozos artesanales a orillas

del río Chillón en el distrito de Puente Piedra. De acuerdo con las características evaluadas, se destacó por su mala calidad, resultado similar realiza Soriano (2018) en su trabajo de investigación concluye que el agua de los tres puntos de muestreo no es apta para el consumo humano debido al exceso tanto de coliformes totales y termotolerantes y la necesidad de pasar por un proceso de tratamiento, Valenzuela & Yucra (2022) en su artículo evaluó la calidad del agua subterránea mediante la evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua coliformes totales en 2 NMP/100 mL. quien también reafirma que el agua subterránea de los pozos del Complejo Industrial Taparachi no cumple con los estándares establecidos por las normas de calidad del agua, el agua no es apta para el consumo humano, por lo que se recomienda utilizar filtros en el ambiente para disminuir estos valores, por su parte Pancca (2021) también encontró coliformes totales y termotolerantes (fecales) en sus 4 muestras en un promedio de 262% y 87.25%.

### **4.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS CON LOS LMP CON EL REGLAMENTO DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA**

#### **4.3.1 TEMPERATURA**

En la figura 03 se observan los valores de temperaturas de pozo de agua del distrito de Desaguadero las muestras de los pozos 1 y 2 cumplen con los límites máximos permisibles (LMP), según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA) sin embargo, los pozos 3 al 8 sobrepasan los LMP para agua de consumo humano.

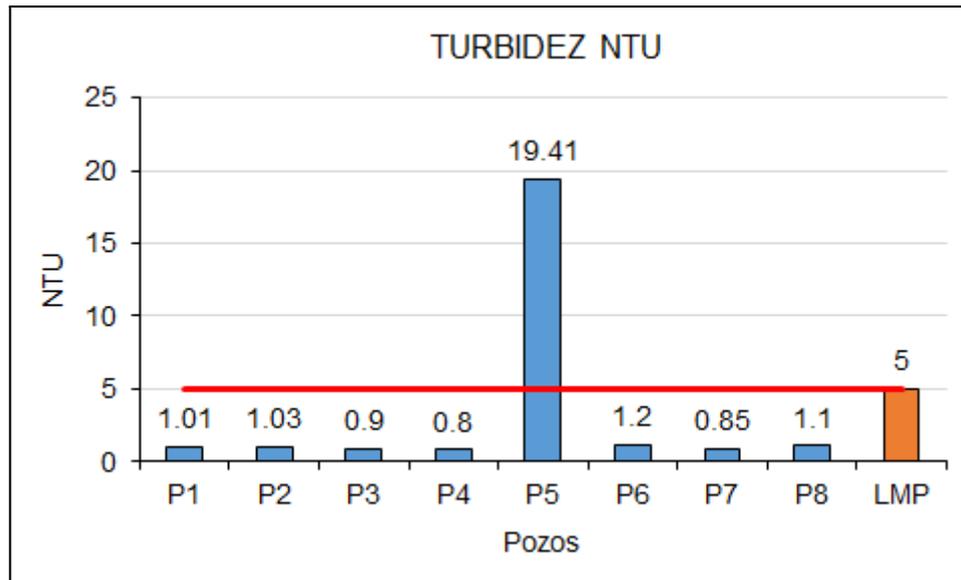


**Figura 03:** Temperatura en aguas de pozos

Los resultados de esta investigación sobrepasan los LMP ligeramente, cabe resaltar que la temperatura tiene variaciones propias de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar donde se ubican los pozos por su lado (Hernández et al., 2018) reporta temperaturas mayores al LMP siendo estos valores de 18 a 25 °C resaltando la importancia de medir la temperatura del agua debido a que es uno de los parámetros más importantes de la calidad de agua la temperatura afecta la química del agua y las funciones de los organismos indica que la temperatura del agua potable influye en su sabor, del cual se podemos inferir que los resultados de esta investigación no se alejan demasiado de los LMP de acuerdo al reglamento de calidad del agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA

#### 4.3.2 TURBIDEZ

Como se puede observar en la figura 04 la turbidez del agua de pozos del distrito de Desaguadero, se encuentran por debajo de los límites máximos permisible (LMP), según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA) excepto el pozo número 5 (P5).

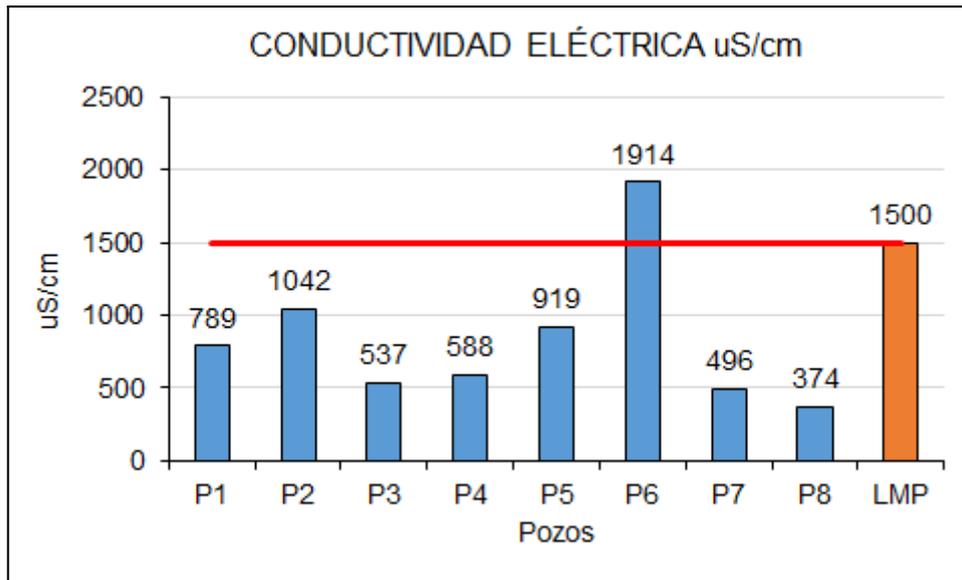


**Figura 04:** Turbidez en aguas de pozos

Se observa que los valores de turbidez están dentro LMP conociendo que el valor máximo no debe de sobrepasar 5 UNT, Hernández et al. (2018) y Caro & Arroyo (2021) en su investigación determinación de calidad del agua de los pozos artesanos del Caserío de Santo Tomas del Distrito de San Juan Bautista analizando parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, compararon con los límites máximos permisibles (LMP) del reglamento de calidad de agua para consumo humano (DS N° 031-2010-SA). Uno de los parámetros en evaluación fue turbidez, llegaron a la conclusión que el agua del pozo del artesano no era apta para el consumo humano porque los valores encontrados superan los LMP, sin embargo los resultados de esta investigación son diferentes a los reportado por dichos autores asumiendo que son aptas para consumo humano, excepto aguas del pozo 5.

#### 4.3.3 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica en agua de pozos del distrito de Desaguadero varía entre 374 a 1914 uS/cm, se puede observar en la figura 05, las aguas de los pozos se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles (LMP), según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA) excepto el pozo número 6 que supera los LMP.

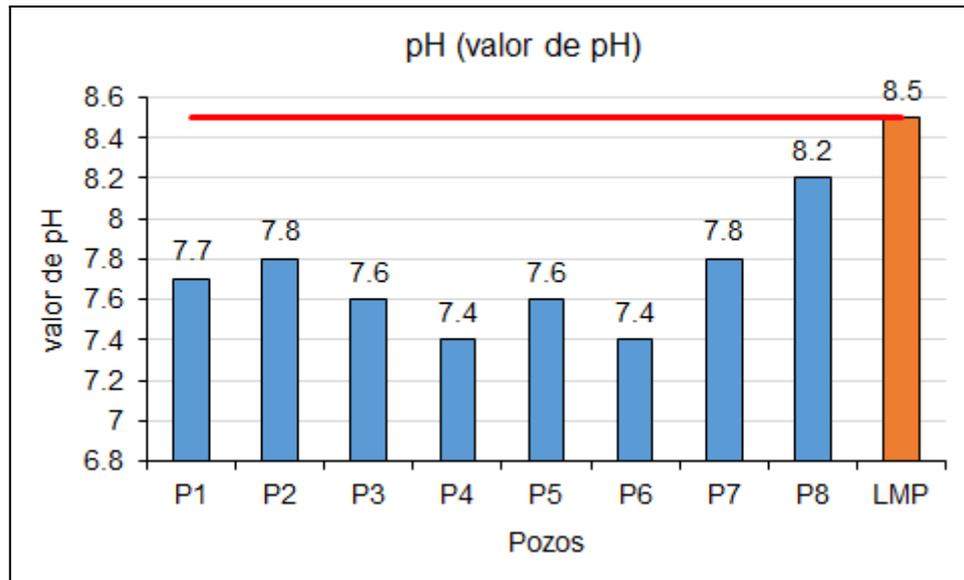


**Figura 05:** Conductividad eléctrica en aguas de pozos

Los resultados de esta investigación están dentro de lo permisible al comparar los valores obtenidos con Valenzuela & Yucra (2022) quien reportó un promedio de 1050.0  $\mu\text{mho}/\text{cm}$  para conductividad eléctrica, según Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, la conductividad se encuentra en el primer nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de  $400\mu\text{S}/\text{cm}$ , se afirma que las muestras analizadas de los pozos del distrito de desaguadero resultaron estar dentro de los LMP a excepción del pozo 6 que sobrepasa el límite máximo permisible.

#### 4.3.4 pH

El pH en aguas de pozos en el distrito de Desaguadero está entre 7,4 y 8,2, como se puede observar en la figura 06, el valor de pH del agua de pozos se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles (LMP) según el Reglamento de la Calidad del agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA).

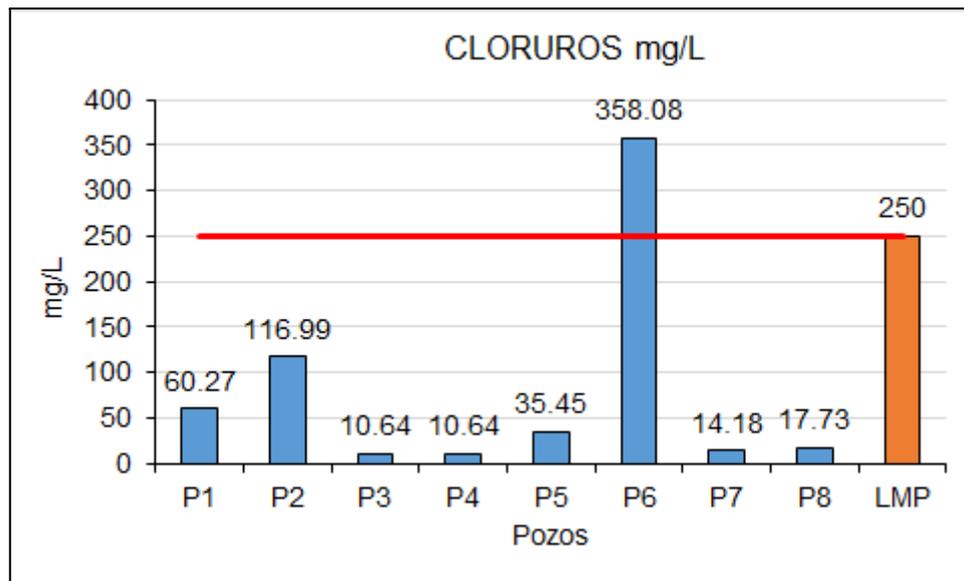


**Figura 06:** Valores de pH en aguas de pozos

Los resultados obtenidos en la presente investigación son similares a los reportados por Valenzuela & Yucra (2022) quien reportó un valor 8.11 pH estando dentro de los Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptico cuyos valores son 6.5 a 8.5, según Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010, así mismo, (Pancca, 2021) reportó un valor promedio de 7.81 pH. Los resultados de pH se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (6.5 - 8.5), indicando que las aguas de pozos artesanales del distrito de Desaguadero son aptas para consumo humano.

#### 4.3.5 CLORUROS

En la figura 07 los cloruros del agua de pozos del distrito de Desaguadero, se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, según el reglamento de la calidad del agua para consumo humano (LMP) (D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA), excepto el pozo número 6 (P6).

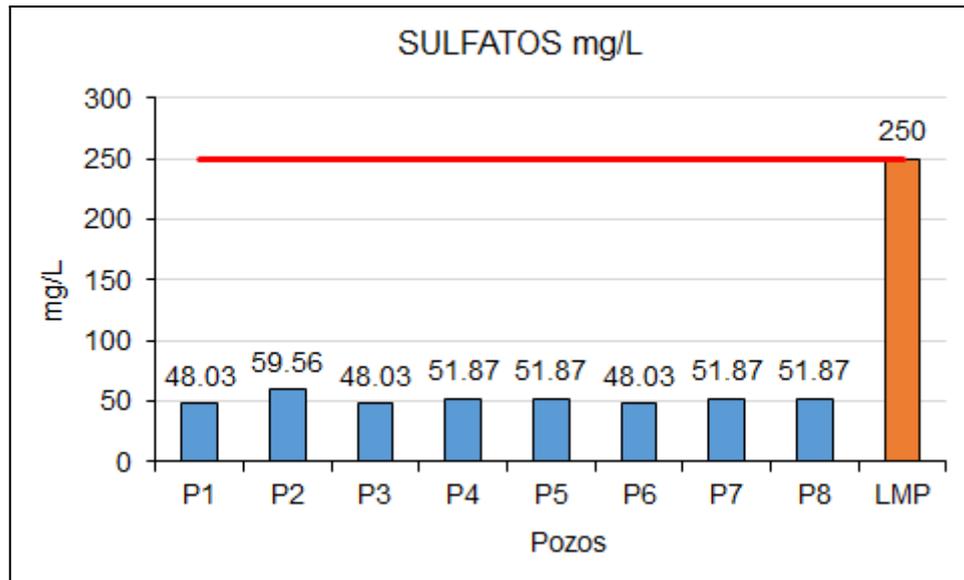


**Figura 07:** Cloruros en aguas de pozos

Los resultados muestran que para el parámetro Cloruros 7 pozos no superaron el límite máximo permisible, por lo que se considera que para este parámetro el agua de pozos cumple con la normatividad establecida, sucede lo contrario para P6 donde su valor es superior a los LMP, los resultados de esta investigación son menores a los reportados por Sandoval (2021) quien reportó que en el Pozo 1 encontró el mayor valor de cloruros 457.43 mg/l, mientras que el menor valor lo obtuvo en el Pozo 5 con 92.19. Pancca (2021) reportó un valor de 114.18 mg/L que es mayor al valor del presente estudio (78 mg/L), estos valores son menores al LMP (250) establecido en el (D.S. N° 031-2010-SA-DIGESA).

#### 4.3.6 SULFATOS

En la figura 08 la concentración de sulfatos del agua de pozos del distrito de Desaguadero varió de 48.03 a 59.56 mg/L, se encuentran por debajo de los límites máximos permisible (LMP), según el reglamento de la calidad del agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA-DIGESA).

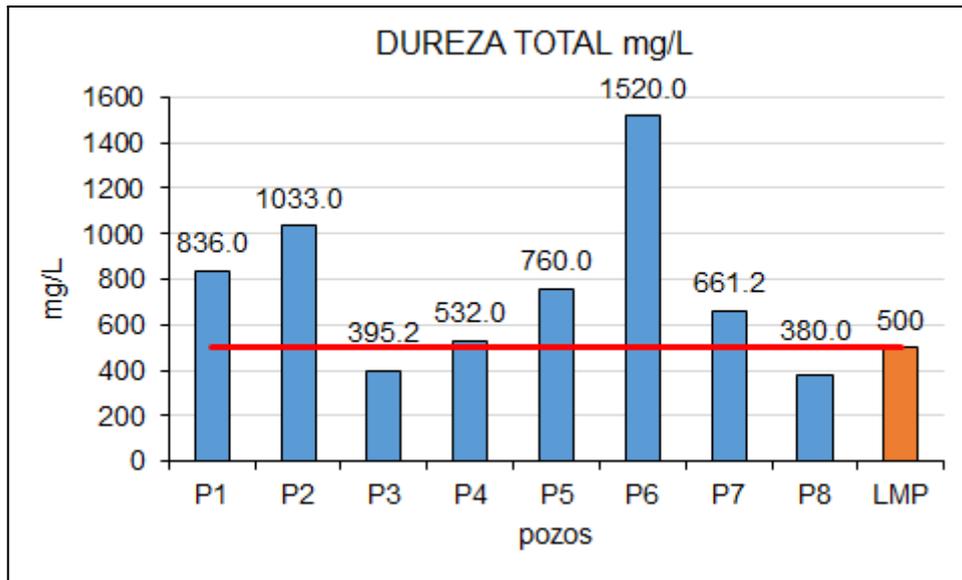


**Figura 08:** Sulfatos en aguas de pozos

Los valores de sulfatos en aguas de pozos del distrito de Desaguadero están por debajo de los LMP al igual que Pancca (2021) que midió la concentración de sulfatos en aguas de los pozos en el distrito de Juliaca 125.50 mg/L, asimismo, Sandoval (2021) reportó valor promedio de 43.65 mg/L, estos valores se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, según el reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA (250 mg/L).

#### 4.3.7 DUREZA TOTAL

La dureza total en aguas de pozos del distrito de Desaguadero varía entre 380 a 1520 mg/L, la concentración de aguas de pozos, sobrepasan los límites máximos permisibles (LMP) en los pozos 1, 2, 4, 5, 6 y 7, según el reglamento de la calidad del agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA) y están por debajo de los LMP en los pozos 3 y 8 (Figura 09).

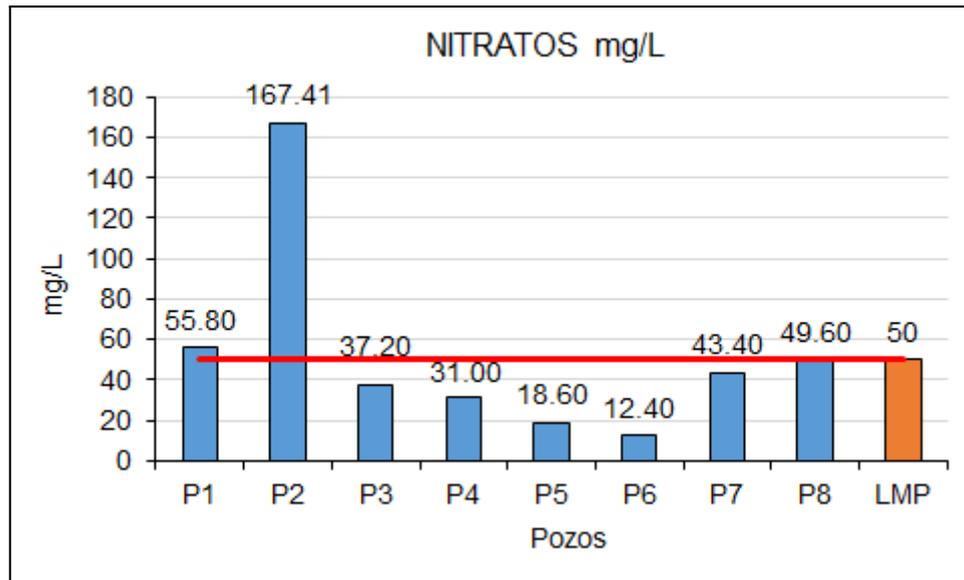


**Figura 09:** Dureza total en aguas de pozos

En base al límite máximo permisible (LMP) según la norma de calidad de agua D.S. N°031-2010-SA. el valor de referencia de la dureza de agua según dicha norma es de 500 mg/L, se afirma que los pozos del Distrito de Desaguadero superan los LMP en su mayoría los valores encontrados son los siguientes para pozo 1 836 mg/l , pozo 2 1033 mg/l, pozo 4 532 mg/l, pozo 5 760 mg/l , pozo 6 1520 mg/l , pozo 7 661.20mg/l solo pozo 3 395.20 mg/l y pozo 8 380 mg/l tienen valores aceptables, dichos valores nos indican que el agua no es apto para el consumo humano.

#### 4.3.8 NITRATOS

En la figura 10 la concentración de nitratos del agua de pozos del distrito de Desaguadero varió de 12.40 a 167.41 mg/L, se encuentran por debajo de los límites máximos permisible (LMP), según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA) excepto en el pozo 1 y 2 (P1 y P2).

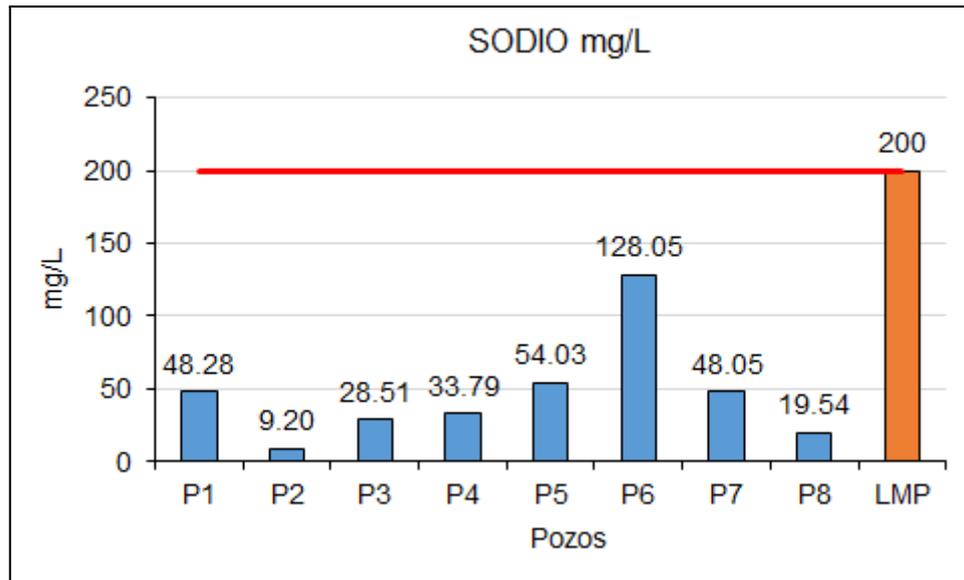


**Figura 10:** Nitratos en aguas de pozos

Estos resultados son similares a lo obtenido por Sandoval (2021) donde observa que el mayor valor de nitratos se obtuvo en el Pozo 4 con 62 mg/l y el menor valor se obtuvo para el Pozo 1 con 24.8, para los cinco pozos obtuvo 37.45 mg/l, con una desviación estándar de 24.73 mg/l. Se cree que los nitratos en las aguas de los pozos del Centro Poblado de Moro no superan el límite máximo permisible (LMP) de 50 mg/l, ya que no hay diferencia significativa ( $p=0.872$ ) y que solo uno de los cinco pozos supera ligeramente el valor de referencia.

#### 4.3.9 SODIO

En la figura 11 el sodio del agua de pozos del distrito de Desaguadero, se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles (LMP), según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA).

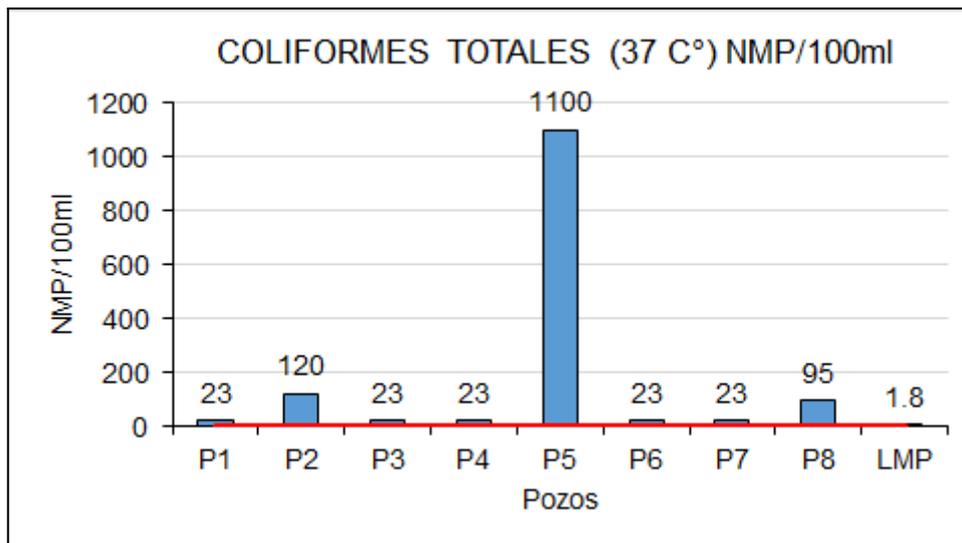


**Figura 11:** Sodio en aguas de pozos

Los resultados de esta investigación se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (200 mg/L) por su lado Huallpara et al. (2017) encontró valores de Sodio entre 9,0 y 304 mg/L. Pancca (2021) reportó un valor promedio de 2.63 mg/L que es inferior al LMP.

#### 4.3.10 COLIFORMES TOTALES

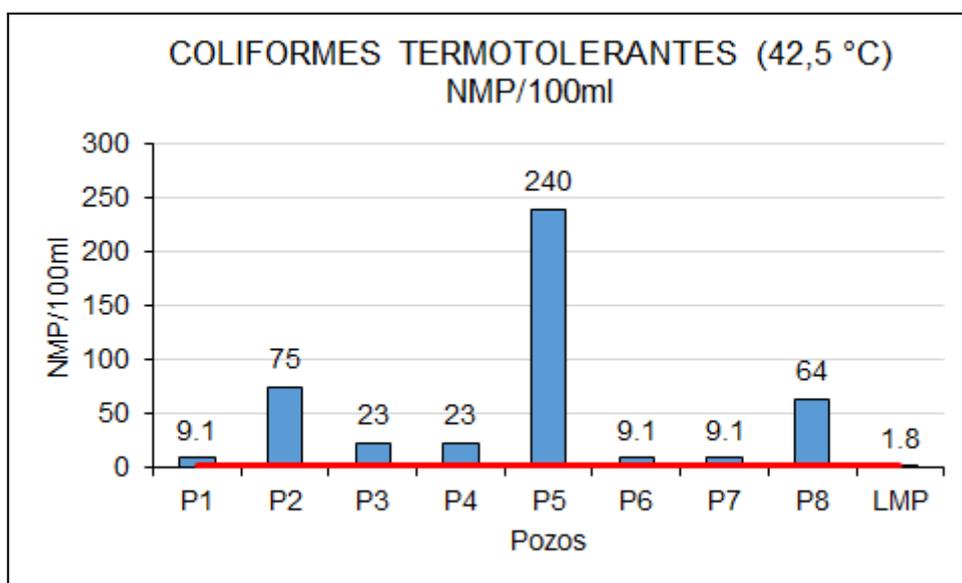
En la figura 12 los coliformes totales del agua de pozos del distrito de Desaguadero supera los límites máximos permisibles (LMP), según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA) en todos los pozos evaluados, en el pozo cinco se encontró la mayor concentración.



**Figura 12:** Coliformes totales en aguas de pozos

#### 4.3.11 COLIFORMES TERMOTOLERANTES

En la figura 12 los coliformes totales del agua de pozos del distrito de Desaguadero supera los límites máximos permisibles ( LMP), según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA- DIGESA) en todos los pozos evaluados, en el pozo cinco se encontró la mayor concentración.



**Figura 13:** Coliformes termotolerantes en aguas de pozos

Valenzuela & Yucra (2022) en su investigación titulada Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca reportó la presencia de

Coliformes Totales con un valor de 2 NMP/100ml, indicando que no se cumple con lo establecido. Según el D.S. N°031-2010-SA, se destaca que toda agua destinada al consumo humano debe estar libre de bacterias coliformes totales, bacterias termotolerantes, E. Coli, virus, huevos y larvas de helmintos, quistes y otros organismos.

## CONCLUSIONES

Los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de pozos para consumo humano tienen una concentración similar en la mayoría de los puntos evaluados, los parámetros fisicoquímicos están dentro de los LMP y los parámetros bacteriológicos sobrepasan los LMP, por lo tanto, no se recomienda el consumo de agua de pozos en las zonas periféricas del distrito de Desaguadero.

**PRIMERA:** La concentración de los parámetros físicos de las aguas de pozo de las zonas periféricas de la ciudad de Desaguadero cumplen con la normativa deduciendo que los métodos de almacenamiento purificación y distribución utilizados son adecuados; en cuanto a los parámetros químicos también cumplen con la norma; con excepción de los parámetro dureza total y nitratos por superan ligeramente los parámetros de calidad; por lo que, las aguas analizadas cumplen parcialmente con los estándares de calidad para consumo humano.

**SEGUNDA:** Las altas concentración de coliformes totales y coliformes Termotolerantes en las aguas de los ocho pozos de las zonas periféricas de la ciudad de Desaguadero indican que se encuentran contaminadas, constituyendo un alto riesgo para la salud de la población que la consume, debido a la falta de cloración, carencia de servicios sanitarios, drenaje, incumplimiento de las normas de construcción y protección adecuada de los acuíferos.

**TERCERO:** Comparando los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA - DIGESA para los parámetro físico temperatura,

turbidez y conductividad eléctrica cumplen con la normativa establecida por la DIGESA, en cuanto a los parámetros químicos pH, cloruros y sulfatos se encuentran dentro de los LMP establecidos para consumo humano, sin embargo los parámetro dureza total y nitrato superan los LMP constituyendo un riesgo para los pobladores que las consumen..

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** A la entidad de competencia realizar un Plan de Control de Calidad de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, tomando medidas correctivas de control, que garanticen la calidad de agua para consumo humano.

**SEGUNDO:** Sensibilizar y capacitar a la población del distrito de Desaguadero en temas de preservación de las fuentes subterráneas de agua, como uso de filtros, ablandamiento para reducir la dureza cloración para control de parámetros bacteriológicos para obtener agua de calidad apta para consumo humano.

**TERCERO:** La Municipalidad Distrital de Desaguadero debe implementar iniciativas de inversión que brinden a la población acceso a agua de alta calidad para su uso, lo que ayudará a prevenir problemas de salud pública relacionados con el uso de agua inadecuada.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anduro, J. A., Cantú Soto, E. U., Campas Baypoli, O. N., López Cervantes, J., Sánchez Machado, D. I., & Félix Fuentes, A. (2017). Diagnóstico de la calidad sanitaria del agua de pozo en comunidades del sur de Sonora, México. *RESPYN Revista de Salud Pública y Nutrición*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.29105/respyn16.1-1>
- Baccaro, K., Degorgue, M., Lucca, M., Picone, L., Zamuner, E., & Andreoli, Y. (2006). Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar del Plata. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 35(3), 95–110.
- Bracho, I. A., & Fernández, M. (2017). Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad venezolana de San Valentín, Maracaibo. *Minería y Geología*, 33(3), 339–349. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1993-80122017000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1993-80122017000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Calsin, K. V. (2016). *Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno—2016* [Tesis Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4187>
- Caro, J. A., & Arroyo, J. A. (2021). *Calidad de las aguas de pozos artesianos del caserío de Santo Tomas del distrito de San Juan Bautista* [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/7714>
- Decreto Supremo N° 031-2010-SA. (2010). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>
- Gil-Marín, J. A., Vizcaino, C. del V., & Montaña-Mata, N. J. (2018). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela. *Anales Científicos*, 79(1), 111–119. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i1.1146>

- Gutiérrez, N., & Linares, C. M. (2018). *Análisis microbiológico del agua en pozos artesanales en la ribera del "Río Chillón", distrito de Puente Piedra, en el año 2018*. [Tesis Pregrado, Universidad María Auxiliadora - UMA]. <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/173>
- Hernández, C., Rodríguez, G., Acosta, R. I., & Garza, E. (2018). Análisis Físicoquímico y Microbiológico de Agua Purificada en Reynosa, Tamaulipas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 20(1), 41–46. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v20i1.528>
- Hernández, Y., Santacruz, G., & Salazar, H. (2012). Calidad del agua en pozos de la red de monitoreo del acuífero del valle de San Luis Potosi, México. *Aqua-LAC*, 4(1), 49–59. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2012-v4-1-06>
- Huallpara, L., Ormachea, M., & García, M. E. (2017). Evaluación de la calidad de los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales de la ciudad de la paz, Bolivia. *Revista Boliviana de Química*, 34(4), 104–111. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0250-54602017000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0250-54602017000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Jiménez, J., & Colmenares, S. (2009). *Medición de parámetros físicoquímicos y biológicos del agua subterránea en la zona de Bucaramanga* [Tesis Pregrado]. Universidad Industrial de Santander.
- Mamani, E. (2012). *Propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Subterránea*. MINAM.
- Marcó, L., Azario, R., & Metzler, 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). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 4, 72–82.
- Márquez, L. V., González, M. R., Bayter, Y. O., & Sarabia, A. B. C. (2012). Caracterización microbiológica y físicoquímica de aguas subterráneas de los municipios de La Paz y San Diego, Cesar, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3(2),

Artigo 2. <https://doi.org/10.22490/21456453.953>

- Masocha, M., Dube, T., & Dube, T. (2019). Integrating microbiological and physico-chemical parameters for enhanced spatial prediction of groundwater quality in Harare. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 112, 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2019.03.003>
- Molina, L. Y. (2018). *Propuesta de uso del agua subterránea del distrito de Uraca-Corire para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos* [Tesis de Pre grado, Universidad Nacional de San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5750>
- Mora, D., & Alfaro, N. (1999). Caracterización y distribución por cantones de la dureza del agua en las fuentes utilizadas para consumo humano en Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 8(15), 01–15. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1409-1429199900020002&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1409-1429199900020002&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
- Moradell, I., & Renau-Pruñonosa, A. (2019). Contaminación de aguas subterráneas. Algunos ejemplos. Em *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (1; Vol. 27, p. 3–17). <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/356261>
- Morales, W. (2022). *Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano en el caserío Pata Pata Centro Poblado Pariamarca—Cajamarca—2020* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4885>
- NORMA TÉCNICA PERUANA. (2012). *Calidad de agua: Muestreo, preservación y manipulación de muestras*.
- Oblitas, Y. G., & Torres, L. M. (2016). *Identificación de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli aisladas del agua potable del distrito de Cajamarca*. [Tesis Pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrel]. <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/454>
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable, tercera edición*.

- <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guias-calidad-agua-potable-tercera-edicion>
- OMS. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano* (Cuarta).  
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ordoñez, J. J. (2011). *Cartilla técnica: Aguas subterráneas—Acuíferos*. Sociedad Geográfica de Lima. <https://hdl.handle.net/11537/25436>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232.  
<https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- 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* [Tesis Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15510>
- Qureshi, S. S., Channa, A., Memon, S. A., Khan, Q., Jamali, G. A., Panhwar, A., & Saleh, T. A. (2021). Assessment of physicochemical characteristics in groundwater quality parameters. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 101877.  
<https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101877>
- Robles, E. R., Espinosa-Niño, F., Cruz, F. H., Guzmán-Monterrosa, H., & Hernández, H. P. (2017). Caracterización fisicoquímica y bacteriológica del agua subterránea del municipio de Villa de Acapetahua, Chiapas, México. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 17(3), 1541–1545.
- Rodríguez, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. *Pensamiento Actual*, 9(12–13), 125–134.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5897932>
- Rojas, L. F. (2018). *Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de agua de consumo humano del centro poblado de San Marcos, distrito de Chontabamba, provincia de*

- Oxapampa – 2018* [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/412>
- Romero, R. (2012). Aguas subterráneas. *raulromero*. <http://raulromeronet.blogspot.com/>
- Sánchez, J. A., Álvarez, T., Pacheco, J. G., Carrillo, L., González, R. A., Sánchez, J. A.,  
Álvarez, T., Pacheco, J. G., Carrillo, L., & González, R. A. (2016). Calidad del agua  
subterránea: Acuífero sur de Quintana Roo, México. *Tecnología y ciencias del  
agua*, 7(4), 75–96.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2007-24222016000400075&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-24222016000400075&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Sandoval, E. R. (2021). *Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca* [Tesis Pregrado, Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4628>
- Sierra, C. A. (2021). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico*. Ediciones de la U.
- Sigler, A., & Bauder, J. (2017). Alcalinidad, pH, y sólidos disueltos totales. *Northern Plains & Mountains*, 20, 1.
- Simanca, M., Álvarez, B., & Paternina, R. (2010). Calidad física, química y bacteriológica del agua envasada en el municipio de Montería. *Temas Agrarios*, 15(1), Artículo 1. <https://doi.org/10.21897/rta.v15i1.813>
- Smith, S., Ganiyu, O., John, R., Fowora, M., Akinsinde, K., & Odeigah, P. (2012). Antimicrobial Resistance and Molecular Typing of *Pseudomonas aeruginosa* Isolated from Surgical Wounds in Lagos, Nigeria. *Acta Medica Iranica*, 50(6), 433–438. <https://acta.tums.ac.ir/index.php/acta/article/view/3925>
- 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* [Tesis Pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14210>
- Tacuri, R. (2019). *Determinación de la calidad de agua de pozos artesianos y sus aspectos ambientales asociados, Juliaca, Puno, 2018* [Tesis Pregrado,

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8842>

Valenzuela, R., & Yucra, Y. (2022). Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, 3(4), Artículo 4. <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.8>

Villena, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304–308. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>



## ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DE LA ZONA PERIFÉRICA DE LA CIUDAD DE DESAGUADERO – PUNO 2022

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS
<p><b>GENERAL</b> ¿Cómo será la concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de pozos para consumo humano de la zona periférica de la ciudad Desaguadero - Puno 2022?</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b> • ¿Cuál será la concentración de los parámetros fisicoquímicos que presentan las aguas de pozos para consumo humano de zonas periféricas de la ciudad Desaguadero? ¿Cuál será la concentración de coliformes totales y coliformes termotolerantes en las aguas de pozos para</p>	<p><b>GENERAL</b> Evaluar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de pozos para consumo humano de la zona periférica de la ciudad Desaguadero - Puno 2022</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b> Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de pozos para consumo humano de zonas periféricas de la ciudad Desaguadero. Determinar la concentración de coliformes totales y coliformes termotolerantes en las aguas de pozos para consumo humano de zonas periféricas de la</p>	<p><b>GENERAL</b> Un análisis de laboratorio permitirá conocer la concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de pozos para consumo humano de la zona periférica de la ciudad Desaguadero - Puno 2022</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b> La concentración de los parámetros fisicoquímicos que presentan las aguas de pozos de zonas periféricas de la ciudad Desaguadero no cumplen las condiciones de calidad para consumo humano. La concentración de coliformes totales y coliformes</p>	<p><b>Independiente</b> : Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos</p> <p><b>Dependiente:</b> Agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura</li> <li>• Turbidez</li> <li>• Conductividad eléctrica</li> <li>• Sólidos totales disueltos</li> <li>• pH</li> <li>• Cloruros</li> <li>• Sulfatos</li> <li>• Dureza total</li> <li>• Nitratos</li> <li>• Coliformes totales</li> <li>• Coliformes termotolerantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de observación.</li> <li>• Cadena de Custodia.</li> <li>• Protocolo de calidad fisicoquímicas de aguas.</li> <li>• Protocolo para calidad microbiológica de aguas.</li> </ul>	<p><b>Estadísticas:</b> Unidades Formadores de Colonias – UFC/100mL. Micro siemens. Unidad Nefelométrica. Miligramos. Tubos múltiples.</p> <p><b>Representación</b> : Tabla de resultados de laboratorio</p>

<p>consumo humano de zonas periféricas de la ciudad Desaguadero? ¿Los resultados de los parámetros obtenidos cumplirán con los límites máximos permisibles según el reglamento de calidad del agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA-DIGESA?</p>	<p>ciudad de Desaguadero. Comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos con los límites máximos permisibles de acuerdo al reglamento de calidad del agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA-DIGESA.</p>	<p>termotolerantes en las aguas de pozos de zonas periféricas de la ciudad de Desaguadero no cumplen con los requerimientos de calidad para consumo humano. Los resultados de los parámetros obtenidos superan los límites máximos permisibles según el reglamento de calidad del agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA-DIGESA.</p>				
--	---	--	--	--	--	--

**Anexo 02: Análisis fisicoquímico de muestras de agua de pozo**



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



**INFORME DE ENSAYO**  
N° 06085-23/AG/LABSAF - ILLPA

**I. INFORMACIÓN GENERAL.**

<b>Ciudad</b>	Norma Sarmiento Mesa
<b>Proyecto / Productor</b>	Norma Sarmiento Mesa
<b>Dirección del cliente</b>	Jh. Chocullo N°160
<b>Solicitado por</b>	Norma Sarmiento Mesa
<b>Muestreado por</b>	Cliente
<b>Nombre de muestra(s)</b>	01 muestras
<b>Producto declarado</b>	Agua Superficial
<b>Presentación de las muestra(s)</b>	Frasco de plástico
<b>Referencia del muestra</b>	Reservada por el cliente
<b>Procedencia de muestra(s)</b>	Desagüero / Chocullo / Puno
<b>Fecha(s) de muestra</b>	2023-06-14
<b>Fecha de recepción de muestra(s)</b>	2023-06-14
<b>Lugar de ensayo</b>	Laboratorio de Suelos, Aguas y Fertilizantes - LABSAF Illpa
<b>Fecha(s) de análisis</b>	2023-06-14
<b>Cotización del servicio</b>	005-23-ILL
<b>Fecha de emisión</b>	2023-06-20



**II. RESULTADO DE ANÁLISIS**

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	AG2197-8.1-23	AG2198-11.1-23	AG2101-11.1-23	AG2205-6.1-23	AG2201-8.1-23	AG2202-8.1-23		
Muestra Analizada	Agua	Agua	Agua	Agua	Agua	Agua		
Fecha de Muestreo	2023-06-14	2023-06-14	2023-06-14	2023-06-14	2023-06-14	2023-06-14		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	05:53	06:14	06:31	06:50	07:10	07:30		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	01	02	03	04	05	06		
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>					
pH (°C=25)	unad. pH	--	7,7	7,6	7,6	7,4	7,6	7,4
Conductividad Eléctrica	uS/cm	--	749,0	1042,0	537,0	588,0	919,0	1014,0
H.A.S.	--	--	0,98	0,74	0,04	0,08	1,34	0,00
Suma de Calcio	meq/L	--	11,15	5,02	3,40	8,12	4,82	16,96
Calcio (°C)	meq/L	--	2,40	3,08	1,25	1,40	3,15	5,70
Magnesio (°C)	meq/L	--	6,10	0,56	0,05	0,15	3,00	0,19
Fosforo (°C)	meq/L	--	0,05	0,03	0,05	0,10	0,22	0,00
Sodio (°C)	meq/L	--	2,10	0,40	1,24	1,67	2,35	5,57
Suma de aniones	meq/L	--	3,36	6,79	1,58	3,20	1,09	10,10
Cloruros (°C)	meq/L	--	1,70	3,30	0,20	0,54	0,51	0,50
Sulfatos	meq/L	--	0,96	0,67	0,50	0,44	0,08	0,00
Carbonatos (°C)	meq/L	--	0,05	0,02	0,08	0,40	0,08	0,00
Bicarbonatos (°C)	meq/L	--	0,25	0,17	0,18	0,21	0,30	4,35
Nitratos	meq/L	--	0,92	2,79	0,60	0,50	0,20	0,20
<b>Clasificación Inversada:</b>			C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1
R.A.S.			Aguas utilizables con precauciones.	Aguas utilizables con precauciones.	Aguas de buena calidad.	Aguas de buena calidad.	Aguas utilizables con precauciones.	Aguas utilizables con precauciones.
<b>Tipo de agua</b>			Dura	Semidura	Blanda	Dura	Semidura	Muy dura
<b>Diagnostico y Recomendaciones</b> (Normas de I.V. Waco, Diagrama)			Buena a admisible	Buena a admisible	Excelente a buena.	Excelente a buena.	Buena a admisible	Buena a admisible

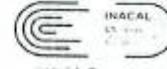


Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Fertilizantes  
Acreditado con la Norma  
NTP-ISO/IEC 17025:2017  
Guatemala, Av. General Velasco 5000, Puno - Illpa

Página: 1 de 2  
1 de 10:11  
www.illpa.gob.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO  
N° 06085-23/AG/ LABSAF - ILLPA

ITEM	7	8	9	10	11	12
Código de Laboratorio	AG2203-IL1-23	AG2204-IL1-23	--	--	--	--
Matriz Analizada	Agua	Agua	--	--	--	--
Fecha de Muestreo	2023-06-14	2023-06-14	--	--	--	--
Hora de Inicio de Muestreo (h)	07:44	08:01	--	--	--	--
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	--	--	--	--
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	07	08	--	--	--	--
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH (***)	unad. pH	--	7,6	8,2	--	--
Conductividad Eléctrica	µS/cm	--	496,0	374,0	--	--
R.A.S	--	--	1,52	0,34	--	--
Suma de cationes	--	--	5,87	3,92	--	--
Calcio (**)	meq/L	--	1,45	1,15	--	--
Magnesio (**)	meq/L	--	2,30	1,90	--	--
Potasio (**)	meq/L	--	0,03	0,02	--	--
Sodio (**)	meq/L	--	2,09	0,85	--	--
Suma de aniones	--	--	1,87	1,95	--	--
Cloruros (**)	meq/L	--	0,40	0,50	--	--
Sulfatos	meq/L	--	0,54	0,54	--	--
Carbonatos (**)	meq/L	--	0,00	0,00	--	--
Bicarbonatos (**)	meq/L	--	0,16	0,11	--	--
Nitratos	meq/L	--	0,70	0,80	--	--
Clasificación Riverside			C2B1	C3B1	--	--
R.A.S			Agua de buena calidad	Agua de buena calidad	--	--
Tipo de agua			Semibranda	Branda	--	--
Diagnostico y Recomendaciones (Normas de L.V. Wilcox, Diagrama)			Excelente a buena.	Excelente a buena.	--	--

III. METODOLOGIA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	NTP 214.029, 3er Edición, 2015, CALIDAD DE AGUA, Determinación de pH en agua. Método electrométrico.
Conductividad Eléctrica	NTP 214.049 1ra Edición, 2015, CALIDAD DE AGUA, Determinación de conductividad Eléctrica en agua.
Determinación de Cationes (Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio)	Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego -INIA, Ed. 1era 2017, 6cm 6.4.1. Pág.83-84
Determinación de aniones (Carbonatos de Calcio, Bicarbonatos, Cloruros, Sulfatos, Nitratos)	Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego -INIA, Ed. 1era 2017, 6cm 6.4.2. Pág.84-88, Determinación de aniones.
Clasificación Riverside:	
Diagnostico y Recomendaciones (Normas de L.V. Wilcox,	Método of analysis for soils, plants and waters, University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, octubre 1988, 195p.
Tipo de agua	
R.A.S	

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestra: Buenos Condiciones de almacenamiento.
  - Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
  - Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo.
  - Los resultados se aplican a las muestras, talos como se recibieron.
  - Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
  - El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
  - Notación de pH realizada a 25 °C.
- [\*] Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.  
 (\*\*) El (los) resultado(s) obtenido(s) correspondie(n) a método(s) de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.  
 (\*\*\*) El (los) resultado(s) obtenido(s) correspondie(n) a método(s) de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idonea.  
 (\*\*\*\*) Los datos obtenidos son referenciales, debido a que la muestra no cumple con los criterios de ingreso de muestra.



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Fitosas  
Acreditada con la Norma  
NTP-ISO/IEC 17025:2017  
Dirección: Av. José Pizarro S/020 588, Puno - Perú

Página 2 de 2  
J. R. Soto D.  
www.waa.gob.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO  
N° 06085-23/AG/LABSAF - ILLPA

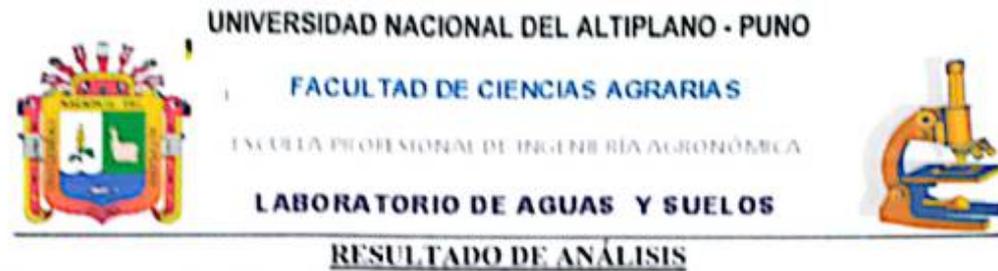
V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente informe de ensayo ha sido autorizado por Jorge Carhuac - Responsable del Laboratorio del LABSAF ILLPA.



  
Jorge Carhuac Rojas  
Responsable de Laboratorio LABSAF ILLPA  
FIN DE INFORME DE ENSAYO

**Anexo 03:** Análisis físico de muestras de agua de pozo



ASUNTO: MUESTRA DE AGUA DE POZOS

PROCEDENCIA : ZONA URBANA DISTRITO DESAGUADERO PROVINCIA  
CHUCUITO DEPARTAMENTO PUNO

INTERESADO : Norma Sarmiento Mena

MOTIVO : ANALISIS DE TURBIEDAD, TEMPERATURA Y DUREZA TOTAL.

MUESTREO : 14/06/2023 (por la interesada)

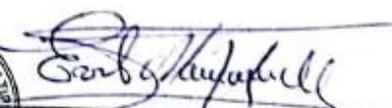
ANALISIS : 14/06/2023.

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS:**

N°	TEMPERATURA °C	DUREZA TOTAL mg/l	TURBIDEZ NTU
M1	16.10	836.00	1.01
M2	16.20	1033.00	1.03
M3	16.90	395.20	0.90
M4	16.80	532.00	0.80
M5	16.60	760.00	19.41
M6	16.82	1520.00	1.20
M7	16.90	661.20	0.85
M8	17.00	380.00	1.10



ING. Bertha Fernández Castro  
ANALISTA  
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS

**D. Sc. Evaristo Mamani Mamani.**  
**JEFE DE LABORATORIO DE**  
**SUELOS Y AGUAS.**

## Anexo 04: Análisis bacteriológico de muestras de agua de pozo



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
LABORATORIO DE ECOLOGÍA ACUÁTICA



### RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

**PROYECTO** : Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de pozos para consumo humano de la zona periférica de la ciudad de Desaguadero – Puno 2022

**PROCEDENCIA** : ZONA URBANA DISTRITO DESAGUADERO PROVINCIA CHUCUITO DEPARTAMENTO PUNO

**SOLICITANTE** : NORMA SARMIENTO MENA

**MOTIVO** : CALIDAD MICROBIOLÓGICA

**VOLUMEN DE MUESTRA** : ENVASE DE POLIETILENO, 500ml

**FECHA MUESTREO** : 14 / 06 / 2023 (muestreado por el interesado)

**FECHA ANÁLISIS** : 14 / 06 / 2023

**REFERENCIA** : MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO 10.00 HORAS

#### RESULTADOS

PUNTOS DE MUESTREO	METODO ANALITICO	COLIFORMES Totales (37°C)	COLIFORMES Termotolerantes (42.5°C)
PUNTO 01	NMP/100ml	23	9.1
PUNTO 02	NMP/100ml	120	75
PUNTO 03	NMP/100ml	23	23
PUNTO 04	NMP/100ml	23	23
PUNTO 05	NMP/100ml	1100	240
PUNTO 06	NMP/100ml	23	9.1
PUNTO 07	NMP/100ml	23	9.1
PUNTO 08	NMP/100ml	95	64

NMP/100ml = Numero Más Probable por cien mililitros.

UFC/100ml = Unidad Formadora de Colonias por cien mililitros.

METODO DE ENSAYO: NUMERACIÓN COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES Y E. coli. METODO ESTANDARIZADO DE TUBOS MULTIPLES. APHA. AWWA. WEF. Pp. 9221B E. 2<sup>a</sup> Ed. 2005.



Margot Gisela Reyes Ordoñez  
CBP 11900

**Anexo 05:** Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010 - DIGESA

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

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

UFC = Unidad formadora de colonias

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

Fuente: (Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010)

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

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	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>2-</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. Manganeseo	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

Fuente: (Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010)

ANEXO III

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE  
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L <sup>-1</sup>	0,010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6. Cianuro	mg CN <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10. Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11. Flúor	mg F <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	1,000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001
13. Niquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0,020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50,00
15. Nitritos	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0,010
17. Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0,07
19. Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	0,015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL <sup>-1</sup>	0,01
3. Aceites y grasas	mgL <sup>-1</sup>	0,5
4. Alacloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
5. Aldicarb	mgL <sup>-1</sup>	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
7. Benceno	mgL <sup>-1</sup>	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,001
10. Endrin	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL <sup>-1</sup>	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
14. Metoxicloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL <sup>-1</sup>	0,009
16. 2,4-D	mgL <sup>-1</sup>	0,030
17. Acrilamida	mgL <sup>-1</sup>	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL <sup>-1</sup>	0,0003
20. Benzopireno	mgL <sup>-1</sup>	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,03
22. Tetracloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,04

Fuente: (Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010)

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL <sup>-1</sup>	3
24. Tricloroeteno	mgL <sup>-1</sup>	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL <sup>-1</sup>	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL <sup>-1</sup>	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
29. 1,1- Dicloroeteno	mgL <sup>-1</sup>	0,03
30. 1,2- Dicloroeteno	mgL <sup>-1</sup>	0,05
31. Diclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL <sup>-1</sup>	0,6
33. Etilbenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
35. Acido Nitrilotriacético	mgL <sup>-1</sup>	0,2
36. Estireno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
37. Tolueno	mgL <sup>-1</sup>	0,7
38. Xileno	mgL <sup>-1</sup>	0,5
39. Atrazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
40. Carbofurano	mgL <sup>-1</sup>	0,007
41. Clorotoluron	mgL <sup>-1</sup>	0,03
42. Cianazina	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
43. 2,4- DB	mgL <sup>-1</sup>	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL <sup>-1</sup>	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL <sup>-1</sup>	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
48. Dicloroprop	mgL <sup>-1</sup>	0,1
49. Dimetato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
50. Fenoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,009
51. Isoproturon	mgL <sup>-1</sup>	0,009
52. MCPA	mgL <sup>-1</sup>	0,002
53. Mecoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,01
54. Metolacloro	mgL <sup>-1</sup>	0,01
55. Molinato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
56. Pencimetalina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
57. Simazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
58. 2,4,5- T	mgL <sup>-1</sup>	0,009
59. Terbutilazina	mgL <sup>-1</sup>	0,007
60. Trifluralina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
61. Cloropirifos	mgL <sup>-1</sup>	0,03
62. Piriproxifeno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
63. Microcistin-LR	mgL <sup>-1</sup>	0,001

Fuente: (Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010)

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL <sup>-1</sup>	0,01
65. Bromodichlorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,06
66. Bromoformo	mgL <sup>-1</sup>	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehido)	mgL <sup>-1</sup>	0,01
68. Cloroformo	mgL <sup>-1</sup>	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL <sup>-1</sup>	0,07
70. Dibromoacetoneitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,07
71. Dibromoclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,1
72. Dicloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,05
73. Dicloroacetoneitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,02
74. Formaidehido	mgL <sup>-1</sup>	0,9
75. Monocloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,02
76. Tricloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol	mgL <sup>-1</sup>	0,2

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

**Nota 2:** Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL<sup>-1</sup>.

**Nota 3:** La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodichlorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{LMP_{\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{LMP_{\text{Bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{LMP_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

Fuente: (Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010)

**Anexo 06:** Panel fotográfico



**Figura 14:** Muestreo de agua de pozo en el distrito de Desaguadero



**Figura 15:** Envasado de muestra representativa de pozos



Figura 16: Muestras preservadas para traslado al laboratorio



Figura 17: En el laboratorio de analisis de aguas y suelos - INIA



**Figura 18:** En laboratorio del INIA



**Figura 19:** Entrega de muestras de agua de pozos en laboratorio del INIA



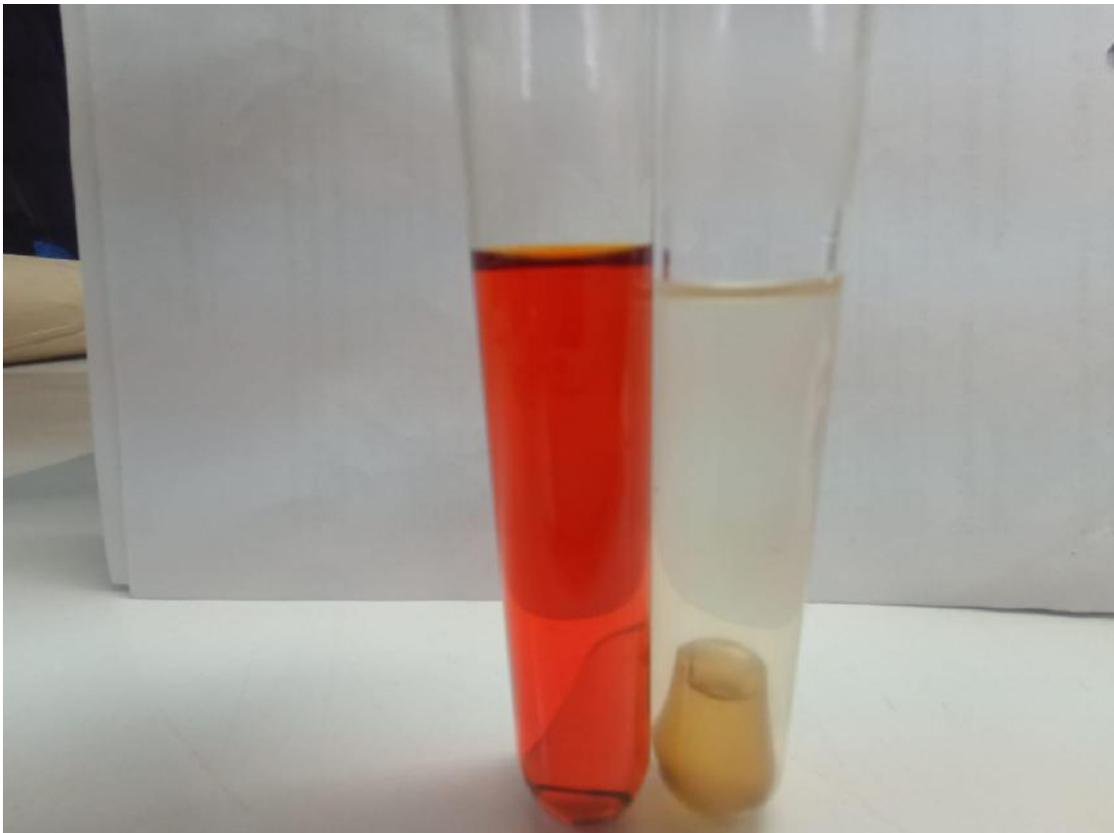
Figura 20: Entrega de muestras en laboratorio de la UNA - Puno



Figura 21: Muestras para análisis microbiológico en laboratorio de Biología UNAP



**Figura 22:** Muestras en tubo de ensayo para análisis microbiológico



**Figura 24:** Análisis de muestras para parámetro microbiológico

## Anexo 07: NORMA TÉCNICA PERUANA. Calidad de agua: muestreo, preservación y manipulación de muestras

Biblioteca Digital - Dirección de Sistemas de Informática y Comunicación  
**Indecopi**



### Catálogo Especializado de Normas Técnicas Peruanas



● Centro de Información y Documentación

ICS 13.060
CALIDAD DE AGUA
Julio 2011

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....1

RELACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS PERUANAS DE CALIDAD DE AGUA.....2

ICS 13.060.01 CALIDAD DEL AGUA EN GENERAL .....2

ICS 13.060.20 AGUA POTABLE .....2

ICS 13.060.45 ANÁLISIS DE AGUA EN GENERAL .....5

ICS 13.060.60 DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN EL AGUA.....5

ICS 13.060.99 OTRAS NORMAS RELATIVAS .....5

INTRODUCCIÓN

Las normas Técnicas establecen los niveles de calidad y seguridad, son el medio el que brinda transparencia en el mercado, y en son elemento fundamental para competir.

Por este motivo el CID INDECOPI, pone a disposición de las empresas, Pymes, consultores, estudiantes y ciudadanía en general el "CATÁLOGO DE NORMAS TÉCNICAS PERUANAS sobre CALIDAD DEL AGUA" aprobadas por el Indecopi a través de la comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.

La presentación del catálogo es amigable y de fácil ubicación, está clasificada por áreas temáticas de acuerdo a la Clasificación Internacional de Normas y dentro de estas en orden correlativo por código de NTP, con un resumen del contenido de la misma.

La colección está a disposición para consulta y venta en:  
Centro de Información y Documentación del INDECOPI (CID), en el Horario de atención: Lunes a Viernes de 8:30h a 16:30h

Dirección: Calle la Prosa 104 San Borja, Lima 41 - Perú  
Teléfono: (511)224-7800 anexos 1511, 1394, 1722, 1353  
Fax: (511)224-0346  
E-mail: [Inferia@indecopi.gob.pe](mailto:Inferia@indecopi.gob.pe)

Biblioteca Virtual:  
[http://www.indecopi.gob.pe/0/home\\_biblioteca\\_virtual.aspx](http://www.indecopi.gob.pe/0/home_biblioteca_virtual.aspx)

Tienda Virtual  
[http://www.indecopi.gob.pe/0/home\\_tienda.aspx](http://www.indecopi.gob.pe/0/home_tienda.aspx)

Fuente: (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2012)

Biblioteca Digital - Dirección de Sistemas de Informática y Comunicación

RELACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS PERUANAS  
DE CALIDAD DE AGUA

ICS 13.060.01 CALIDAD DEL AGUA EN  
GENERAL

CODIGO : NTP ISO 5667-3:2001

TITULO : CALIDAD DEL AGUA. Muestra parte 3: guía para la preservación y manejo de muestras. 38 p.

RESUMEN : Establece guías de las precauciones que se deben tomar para la preservación y el transporte de las muestras de agua. Estas guías son apropiadas cuando una muestra (muestra puntual o compuesta) no puede ser analizada en el lugar de muestreo y tiene que ser transportada a fin de ser analizada en el laboratorio

DESCRIPTORES : AGUA; TRATAMIENTO MUESTREO CALIDAD; DEAGUA;

PRECIO : S/.61,52

CODIGO : NTP 311.024:1971

TITULO : ENSAYOS PARA AGUA. Medida electrométrica del pH con electrodo de vidrio 4 p.

RESUMEN : Establece el método de ensayo potenciométrico, por medio del electrodo de vidrio, para determinar el pH del agua entre 0°C y 60°C. Las características esenciales a exigir del aparato, establece la forma en que debe usarse el electrodo de vidrio y el método a seguir para obtener resultados comparables. No es aplicable para la determinación de valores de pH superiores a 11 unidades o inferiores a 1 unidad

DESCRIPTORES : AGUA; pH; ENSAYOS

PRECIO : S/.3,36

ICS 13.060.20 AGUA POTABLE

CODIGO : NTP ISO 5667-5:2001

TITULO : CALIDAD DEL AGUA. Muestreo. Parte 5: Guía para el muestreo de agua para consumo humano y agua utilizada para el procesamiento de comidas y bebidas 16 p.

RESUMEN : Establece principios detallados que deben ser aplicados al diseño de los programas de muestreo, a las técnicas de muestreo y al manipuleo y preservación de muestras de agua para consumo humano y agua utilizada para el procesamiento de comidas y bebidas. I

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; ALIMENTOS; BEBIDAS; MUESTREO

PRECIO : S/.33,55

CODIGO : NTP ISO 7393-2:2002

TITULO : CALIDAD DE AGUA. Determinación de cloro libre y cloro total. Parte 2: Método colorimétrico para control de rutina usando N,N-dietil-1,4-fenilendiamina (DPD) 20 p.

RESUMEN : Establece un método de ensayo aplicable en campo, para la determinación de cloro libre y cloro total en agua; se basa en la medida de la intensidad del color por comparación visual, con una escala de estándares los cuales son calibrados regularmente. Es aplicable a concentraciones, en términos de cloro (Cl<sub>2</sub>), desde 0,0004 mmol/L a 0,07 mmol/L (0,03, mg/L a 5 mg/L) de cloro total. Para mayores concentraciones la muestra debe ser diluida. Si la velocidad de operación y la robustez del equipo no cubren los requerimientos, el método de determinación por espectrofotometría se describe como un procedimiento alternativo

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; CLORO; METODO COLORIMETRICO; ENSAYOS

PRECIO : S/.33,55

CODIGO : NTP 214.003:1987

TITULO : AGUA POTABLE. Requisitos 6 p.

RESUMEN : Establece los requisitos físicos, químicos, organolépticos y microbiológicos que debe cumplir el agua para ser considerada potable

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; REQUISITOS

PRECIO : S/.3,36

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

Fuente: (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2012)

Biblioteca Digital - Dirección de Sistemas de Informática y Comunicación

CODIGO	: NTP 214.005:1987 (Revisada el 2011)	RESUMEN	: espectrofotométrico de absorción atómica. 1a. ed. 4 p.
TITULO	: AGUA POTABLE. Toma de muestras. 1a. ed. 6 p.	RESUMEN	: Establece el método de absorción atómica para determinar el contenido de bario en agua potable
RESUMEN	: Establece el método para el muestreo del agua potable	DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; BARIO; ENSAYOS
DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; MUESTREO	PRECIO	: S/.11,26
PRECIO	: S/.11,26	CODIGO	: NTP 214.016:2000
CODIGO	: NTP 214.011:2000	TITULO	: AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de hierro. Método espectrofotométrico de la fenantrolina. 2a ed. 11 p.
TITULO	: AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de hierro. Método espectrofotométrico de la fenantrolina. 2a ed. 11 p.	RESUMEN	: Establece el método para determinar el contenido de nitratos (NO <sub>3</sub> ) en agua para consumo humano mediante espectrofotometría ultravioleta. Este método mide la absorbancia de nitratos a la longitud de onda de 220 nm y se aplica para aguas no contaminadas o con bajo contenido de materia orgánica
RESUMEN	: Establece el método espectrofotométrico de la fenantrolina para determinar el contenido de hierro en el agua para consumo humano. El rango de aplicación del método es de 0 g Fe/L a 10 g Fe/L lo que también depende del espectrofotómetro y del tipo de celda, con paso de luz de 1 cm o mayor, que se use	DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; NITRATOS; ESPECTROFOTOMETRIA; ENSAYOS
DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; ESPECTROFOTOMETRIA; HIERRO; ENSAYOS; REQUISITOS	PRECIO	: S/.11,19
PRECIO	: S/.22,36	CODIGO	: NTP 214.017:1988 (Revisada el 2011)
CODIGO	: NTP 214.014:1988 (Revisada el 2011)	TITULO	: AGUA POTABLE. Determinación de nitratos. Método de reducción con Cadmio (Método de referencia). 1ª. ed. 7 p.
TITULO	: AGUA POTABLE. Determinación de cianuro. Método del electrodo de ion selectivo (Método de rutina). 1a. ed. 6 p.	RESUMEN	: Establece el método para determinar el contenido de nitratos en agua potable mediante la reducción con cadmio. Este método permite medir los nitratos en un rango entre 0,01 y 1,0 mg de NO <sub>3</sub> - N/l. Es especialmente recomendado para niveles de NO <sub>3</sub> por debajo de 0,1 mg N/l, donde otros métodos carecen de la adecuada sensibilidad
RESUMEN	: Establece el método del electrodo de ion selectivo para determinar el contenido de cianuro total en agua potable. Es aplicable a muestras con rangos de concentraciones de cianuro de 0,05 mg/l a 10 mg/l	DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; NITRATOS; ENSAYOS
DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; CIANURO; ENSAYOS	PRECIO	: S/.11,26
PRECIO	: S/.11,26	CODIGO	: NTP 214.015:1987 (Revisada el 2011)
CODIGO	: NTP 214.015:1987 (Revisada el 2011)	TITULO	: AGUA POTABLE. Determinación de bario. Método
TITULO	: AGUA POTABLE. Determinación de bario. Método	PRECIO	: S/.11,26
PRECIO	: S/.11,26	CODIGO	: NTP 214.019:2010

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.  
Para ver una copia de dicha licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

Fuente: (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2012)

Biblioteca Digital - Dirección de Sistemas de Informática y Comunicación

TITULO	: CALIDADDEAGUA. Determinacióndecianuro. Método colorimétrico. 2a. ed. 9 p.	TITULO	: AGUA POTABLE. Determinación de sulfatos. Método gravimétrico (Método de Referencia). 1°. ed. 4 p.
RESUMEN	: Establece el método colorimétrico para determinar el contenido de cianuro total en aguas del medio ambiente y aguas residuales domésticas e industriales.	RESUMEN	: Establece el método gravimétrico para la determinación de sulfatos en el agua potable. Este método es demayorprecisiónen concentraciones mayores que 10 mg/l con un valor óptimo a 50 mg/l
DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; CIANURO; ENSAYOS	DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; Sulfatos; ENSAYOS
PRECIO	: S/.22,36	PRECIO	: S/.11,26
CODIGO	: NTP 214.020:2000	CODIGO	: NTP 214.023:2000
TITULO	: AGUAPARAConsumo HUMANO. Determinación de cloruros. Método volumétrico del nitrato mercúrico. 2a ed. 7 p.	TITULO	: AGUAPARAConsumo HUMANO. Determinación de sulfatos. Método turbidimétrico. 2a ed. 7 p.
RESUMEN	: Establece el método del nitrato mercúrico para determinar el contenido de cloruros en agua para consumo humano. También se aplica a otros tipos de agua. El método se aplica para muestras con contenido menor de 100 mg Cl-L y para muestras con contenido mayor de 100 mg Cl-L. Se puede determinar mayores concentraciones de cloruros por medio de diluciones de la muestra	RESUMEN	: Estableceelmétodo turbidimétrico para determinar el contenido de sulfatos en muestras de agua para consumo humano, subterránea y superficial. El rango de aplicación del método es de 0 mg SO4-2/L. Se puede determinar mayores concentraciones de sulfato por medio de diluciones de la muestra
DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; CLORUROS; ENSAYOS	DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; Sulfatos; ENSAYOS
PRECIO	: S/.11,19	PRECIO	: S/.11,19
CODIGO	: NTP 214.021:1988 (Revisada el 2011)	CODIGO	: NTP 214.025:1990
TITULO	: AGUA POTABLE. Determinación de cloruros. Método Argentométrico. 1°. ed. 4 p.	TITULO	: AGUA POTABLE. Determinación del pH. Método potenciométrico 5 p.
RESUMEN	: Estableceelmétodo argentométrico para la determinación de cloruros en agua potable. Este método es adecuado para el caso de aguas relativamente claras cuando la presencia de Cl es de 1,5 mg a 100 mg por litro	RESUMEN	: Estableceelmétodo potenciométrico para la determinación del pH en agua potable
DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; CLORUROS; METODO ARGENTOMETRICO; ENSAYOS	DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; pH; ENSAYOS
PRECIO	: S/.11,26	PRECIO	: S/.3,36
CODIGO	: NTP 214.022:1988 (Revisada el 2011)	CODIGO	: NTP 214.027:2000
		TITULO	: AGUAPARAConsumo HUMANO. Determinación de fosfatos. Método espectrofotométrico del ácido ascórbico 8 p.
		RESUMEN	: Estableceel método espectrofotométrico del ácido

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.  
Para ver una copia de dicha licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

Fuente: (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2012)

Biblioteca Digital - Dirección de Sistemas de Informática y Comunicación

<p>ascórbico para determinar el contenido de fosfatos en el agua para consumo humano. El rango de aplicación del método es de 0 mg P/L lo que también depende del espectrofotómetro y del tipo de celda, con paso de luz de cm o mayor, que se use</p> <p><b>DESCRIPTORES</b> : AGUA POTABLE; FOSFATOS; ESTECTROFOTOMETRIA; ENSAYOS</p> <p><b>PRECIO</b> : S/.22,36</p> <p><b>CODIGO</b> : NTP 214.029:2000</p> <p><b>TITULO</b> : AGUAPARA CONSUMO HUMANO. Determinación de pH. Método electrométrico 10 p.</p> <p><b>RESUMEN</b> : Establece el método electrométrico para determinar el pH en el agua para consumo humano. El presente método es aplicable a aguas en muestras acuosas diluidas. El rango de aplicación de método es de 0 a 14 unidades de pH</p> <p><b>DESCRIPTORES</b> : AGUA POTABLE; pH; ENSAYOS</p> <p><b>PRECIO</b> : S/.22,36</p> <p><b>ICS 13.060.45 ANÁLISIS DE AGUA EN GENERAL</b></p> <p><b>CODIGO</b> : NTP 5667-14:2009</p> <p><b>TITULO</b> : CALIDAD DEL AGUA. Muestreo. Parte 14: Guía para el aseguramiento de la calidad del muestreo del ambiente y su manipulación 28 p.</p> <p><b>RESUMEN</b> : Establece guías para la selección y el uso de varias técnicas de aseguramiento de la calidad relacionadas al muestreo manual de aguas superficiales, potables, residuales, marinas y subterráneas.</p> <p><b>DESCRIPTORES</b> : AGUA; AGUAPOTABLE; CALIDAD; MUESTREO</p> <p><b>PRECIO</b> : S/.50,34</p> <p><b>ICS 13.060.60 DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN EL AGUA</b></p> <p><b>CODIGO</b> : NTP 214.036:2010</p> <p><b>TITULO</b> : CALIDAD DE AGUA. Determinación de color</p>	<p>verdadero. Método espectrofotométrico a una sola longitud de onda. 1a. ed. 6 p.</p> <p><b>RESUMEN</b> : Establece el método espectrofotométrico a una sola longitud de onda para determinar el color verdadero aplicado a aguas naturales, agua potable y aguas residuales domésticas e industriales.</p> <p><b>DESCRIPTORES</b> : CALIDAD DEL AGUA; COLOR; ESPECTROFOTOMETRIA; METODOS DE ENSAYOS</p> <p><b>PRECIO</b> : S/.11,19</p> <p><b>ICS 13.060.99 OTRAS NORMAS RELATIVAS</b></p> <p><b>CODIGO</b> : NTP 214.006:2010</p> <p><b>TITULO</b> : CALIDAD DE AGUA. Determinación de turbiedad. Método nefelométrico. 3a edición 8 p.</p> <p><b>RESUMEN</b> : La presente Norma Técnica Peruana establece el método nefelométrico para determinar la turbiedad en el agua para consumo humano. También es aplicable a muestras de agua que estén libres de residuos y sedimentos que se depositen rápidamente. 1.2 El rango de aplicación del método es de 0 a 4 000 unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).</p> <p><b>DESCRIPTORES</b> : AGUAPOTABLE; SANEAMIENTO; ENSAYOS FISICOQUIMICOS; ESPECIFICACIONES; REQUISITOS</p> <p><b>PRECIO</b> : S/.22,36</p> <p><b>CODIGO</b> : NTP 214.007:1999</p> <p><b>TITULO</b> : AGUAPARA CONSUMO HUMANO. Determinación de color. Método de comparación visual. 2a edición 7 p.</p> <p><b>RESUMEN</b> : Establece el método de comparación visual para medir el color del agua para consumo humano, mediante la escala platino-cobalto. El método de comparación visual o de platino-cobalto, es aplicable a todas las muestras de agua tratada o de aquellas cuyo color se debe a materiales naturales; no es</p>
---	--

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

Fuente: (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2012)

Biblioteca Digital - Dirección de Sistemas de Informática y Comunicación

	aplicable en cambio a la mayoría de las aguas residuales industriales de coloración intensa. El rango de aplicación del método es de 0 a 500 unidades de color verdadero (UCV)	TITULO	: AGUAPARA CONSUMO HUMANO. Determinación de manganeso. Método espectrofotométrico del persulfato 9 p.
DESCRIPTORES	: AGUAPOTABLE; SANEAMIENTO; ENSAYOS FISICOQUIMICOS; ESPECIFICACIONES; REQUISITOS	RESUMEN	: Establece el método espectrofotométrico del persulfato para determinar el contenido de manganeso en el agua para consumo humano y aguas residuales
PRECIO	: S/.11,19	DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; MANGANESO; METODO ESPECTROFOTOMETRICO; ENSAYOS
CODIGO	: NTP 214.008:2002	PRECIO	: S/.22,36
TITULO	: AGUAPARA CONSUMO HUMANO. Determinación de arsénico. Método de dietiltiliocarbamato de plata. 2a. ed. 9 p.	CODIGO	: NTP 214.018:1999
RESUMEN	: Establece el método de dietiltiliocarbamato de plata para determinar el contenido de arsénico en el agua para consumo humano y aguas naturales	TITULO	: AGUAPARA CONSUMO HUMANO. Determinación de la dureza. Método volumétrico con EDTA. 2a edición 10 p.
DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; ARSENICO; METODO DE DIETILTIIOCARBAMATO DE PLATA; ENSAYOS	RESUMEN	: Establece el método titulométrico con EDTA para determinar la dureza en aguas para consumo humano, subterráneas y superficiales. El presente método es aplicable para muestras de aguas con rango de concentraciones de dureza entre 0 y 1000 mg/L de CaCO <sub>3</sub>
PRECIO	: S/.22,36	DESCRIPTORES	: AGUAPOTABLE; SANEAMIENTO; ENSAYOS FISICOQUIMICOS; ESPECIFICACIONES; REQUISITOS
CODIGO	: NTP 214.009:2002	PRECIO	: S/.22,36
TITULO	: AGUAPARA CONSUMO HUMANO. Determinación del sabor. Método del umbral del sabor. 2a. ed. 8 p.	CODIGO	: NTP 214.026:1999
RESUMEN	: Establece el método del umbral para determinar el sabor en el agua consumo humano. Se aplica a muestras de agua que son inocuas para la ingestión, descartándose las que pueden estar contaminadas por bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas peligrosas; las que contengan agentes decorantes, como el arseniato de sodio, o las que producen fuentes desconocidas. No se aplica a aguas residuales o fluidos similares no tratados	TITULO	: AGUAPARA CONSUMO HUMANO. Determinación de la alcalinidad. Método volumétrico 10 p.
DESCRIPTORES	: AGUAPOTABLE; SAVOR; ENSAYOS	RESUMEN	: Establece el método volumétrico para determinar la alcalinidad en aguas para consumo humano, subterráneas y superficiales. El método es aplicable para muestras de aguas con rango de concentraciones de alcalinidad entre 1 mg CaCO <sub>3</sub> /L y 1000 mg CaCO <sub>3</sub> /L
PRECIO	: S/.22,36	DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; SANEAMIENTO; FISICO; ENSAYOS QUIMICOS;
CODIGO	: NTP 214.010:2002		

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú. Para ver una copia de dicha licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

Fuente: (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2012)

Biblioteca Digital - Dirección de Sistemas de Informática y Comunicación

PRECIO	: S/.22,36	CODIGO	: NTP 214.032:2001
CODIGO	: NTP 214.030:2001	TITULO	: AGUAPARA CONSUMO HUMANO. Detección y recuento de coliformes termotolerantes. Método de filtración por membrana. 16 p.
TITULO	: AGUAPARA CONSUMO HUMANO. Determinación de cloro residual. Método colorimétrico DPD 12 p.	RESUMEN	: Establece el método de ensayo para la detección y recuento de coliformes termotolerantes en agua, utilizando la técnica de filtración por membrana, que consiste en hacer pasar un volumen de muestra a través de una membrana de celulosa, seguida de una incubación en contacto con un medio de cultivo selectivo y diferencial de lactosa a una temperatura de 44,5°C ± 0,2°C
RESUMEN	: Establece el método colorimétrico DPD para determinar el cloro residual en aguas naturales y tratadas. La concentración mínima detectable es de aproximadamente 10 µg de cloro como Cl <sub>2</sub> /L. Este límite de detección se consigue en condiciones ideales, los límites de detección en el trabajo rutinario son mas altos	DESCRIPTORES	: COLIFORMES; AGUA POTABLE; TRATAMIENTO DE AGUA
DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; CLORO RESIDUAL; METODO COLORIMETRICO; ENSAYOS	PRECIO	: S/.33,55
PRECIO	: S/.27,98	CODIGO	: NTP 214.033:2002
CODIGO	: NTP 214.031:2001	TITULO	: AGUAPARA CONSUMO HUMANO. Detección y recuento de colonias heterotróficas. Método de filtración por membrana. 15 p.
TITULO	: AGUAPARA CONSUMO HUMANO. Detección y recuento de coliformes totales. Método de filtración por membrana 18 p.	RESUMEN	: Establece el método de ensayo para la detección y recuento de colonias heterotróficas en agua, utilizando la técnica de filtración por membrana, que consiste en hacer pasar un volumen de muestra a través de una membrana de celulosa, seguida de una incubación en contacto con un medio de cultivo selectivo y diferencial a una temperatura
RESUMEN	: Establece el método de ensayo para la detección y recuento de coliformes totales en agua, utilizando la técnica de filtración por membrana, que consiste en hacer pasar un volumen de muestra a través de una membrana de celulosa, y subsecuente incubación en contacto con un medio de cultivo selectivo y diferencial de lactosa a una temperatura de 35°C ± 0,5°C. La determinación de coliformes totales por la técnica de filtración por membrana es altamente reproducible, puede utilizarse para estudiar volúmenes relativamente grandes de muestras y proporciona resultados numéricos más rápidos que el método de tubos múltiples	DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; METODO DE FILTRACION POR MEMBRANA; COLONIAS HETEROTROFICAS; ENSAYOS
DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; COLIFORMES; TRATAMIENTO DE AGUA; MUESTREO	PRECIO	: S/.27,98
PRECIO	: S/.33,55	CODIGO	: NTP 311.337:2004
		TITULO	: PRODUCTOS QUIMICOS UTILIZADOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Dióxido de cloro 30 p.
		RESUMEN	: Esta Norma Técnica Peruana establece las características y especifica los requisitos y los métodos de ensayo correspondientes al dióxido de

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.  
Para ver una copia de dicha licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

Fuente: (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2012)

Biblioteca Digital - Dirección de Sistemas de Informática y Comunicación

	cloro. Proporciona información sobre su uso en el tratamiento del agua para consumo humano	PRECIO	: S/.11,19
DESCRIPTORES	: AGUAPOTABLE; TRATAMIENTO DE AGUA; IMPUREZAS; ALMACENAMIENTO; ENSAYOS; ROTULADO	CODIGO	: NTP 350.113-1.2001
PRECIO	: S/.50,34	TITULO	: COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Efectos sobre la salud. Parte 1: Requisitos generales. 12 p.
CODIGO	: NTP 350.111:2001	RESUMEN	: Establece el requisito para que los contaminantes químicos e impurezas que se transmiten indirectamente al agua para consumo humano, mediante los productos, componentes y materiales usados en los sistemas de abastecimiento tengan efectos mínimos en la salud de las personas. Esta norma no establece los requisitos de rendimiento, sabor y olor para los productos, componentes o materiales del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano
TITULO	: DIMENSIONES DE LAS CONEXIONES FABRICADAS PARA TUBOS QUE CONDUZCAN AGUA. 22 p.	DESCRIPTORES	: AGUAPOTABLE; ABASTECIMIENTO DE AGUA; TOXICOLOGIA; ADITIVOS; CONCRETO
RESUMEN	: Establece los requisitos mínimos dimensionales de las conexiones fabricadas de acero para tubos que conducen agua	PRECIO	: S/.27,98
DESCRIPTORES	: CONEXIONES; DIMENSION; TUBOS; ABASTECIMIENTO DE AGUA; ACERO; AGUA POTABLE	CODIGO	: NTP 350.113-2:2001
PRECIO	: S/.44,77	TITULO	: COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Efectos sobre la salud. Parte 2: Requisitos para los materiales de barrera 5 p.
CODIGO	: NTP 350.113-2:2001	RESUMEN	: Establece los requisitos aplicables a los materiales constituyentes de los reservorios, sistemas, tanques y tubos (incluyendo los cementos portlands y cementos hidráulicos mezclados), prefabricados y moldeados en obra, así como a los materiales de barrera, que entran en contacto directo con el agua para consumo humano (revestimiento exterior, pinturas, revestimiento interior y forros, mantas de aislamiento, compuestos obturantes, agentes para eliminar el moho y diafragmas) incluyendo pero no limitándose a productos orgánicos, inorgánicos o metálicos, concreto premoldeado o moldeado en el lugar, pasta de cemento y mortero
TITULO	: COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Efectos sobre la salud. Parte 2: Requisitos para los materiales de barrera 5 p.	DESCRIPTORES	: AGUAPOTABLE; ABASTECIMIENTO DE AGUA; TOXICOLOGIA; ADITIVOS; CONCRETO
RESUMEN	: Establece los requisitos aplicables a los materiales constituyentes de los reservorios, sistemas, tanques y tubos (incluyendo los cementos portlands y cementos hidráulicos mezclados), prefabricados y moldeados en obra, así como a los materiales de barrera, que entran en contacto directo con el agua para consumo humano (revestimiento exterior, pinturas, revestimiento interior y forros, mantas de aislamiento, compuestos obturantes, agentes para eliminar el moho y diafragmas) incluyendo pero no limitándose a productos orgánicos, inorgánicos o metálicos, concreto premoldeado o moldeado en el lugar, pasta de cemento y mortero	PRECIO	: S/.27,98
DESCRIPTORES	: AGUA POTABLE; ADITIVOS; CONCRETO; TOXICOLOGIA; ENSAYOS	CODIGO	: NTP 350.113-3:2001
		TITULO	: COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Efectos sobre la salud. Parte 3: Evaluación de materiales/productos. Materiales de barrera. 15 p.
		RESUMEN	: Establece los requisitos generales que se aplican a la preparación, acondicionamiento y exposición de la muestra para la evolución de los productos/materiales utilizados como materiales de barrera en los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano
		DESCRIPTORES	: AGUAPOTABLE; ABASTECIMIENTO DE AGUA; IMPUREZAS; ADITIVOS; TOXICOLOGIA
		PRECIO	: S/.27,98

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.  
Para ver una copia de dicha licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

Fuente: (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2012)

## Anexo 08: Análisis estadístico

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Coliformes totales (37 C°)..	8	0.40	0.00	214.36

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	393196,50	3	131065,50	0,89	0,5179
Zona	393196,50	3	131065,50	0,89	0,5179
Error	587261,00	4	146815,25		
Total	980457,50	7			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1559,80829

Error: 146815,2500 gl: 4

Zona	Medias	n	E.E.	
3	561,50	2	270,94	A
1	71,50	2	270,94	A
4	59,00	2	270,94	A
2	23,00	2	270,94	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Coliformes termotolerantes..	8	0,30	0,00	154,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12719,70	3	4239,90	0,56	0,6697
Zona	12719,70	3	4239,90	0,56	0,6697
Error	30335,82	4	7583,95		
<b>Total</b>	<b>43055,52</b>	<b>7</b>			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=354,51407

Error: 7583,9537 gl: 4

Zona	Medias	n	E.E.
3	124,55	2	61,58 A
1	42,05	2	61,58 A
4	36,55	2	61,58 A
2	23,00	2	61,58 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )