



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
PARA CONSUMO HUMANO EN LA URBANIZACIÓN
SANTO TOMÁS DE LA CIUDAD
DE JULIACA – PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach: GROVER JAIME LEON MAMANI

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

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
PARA CONSUMO HUMANO EN LA URBANIZACIÓN
SANTO TOMÁS DE LA CIUDAD
DE JULIACA - PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. GROVER JAIME LEON MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE


: _____
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

PRIMER MIEMBRO


: _____
Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

SEGUNDO MIEMBRO


: _____
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS


: _____
Dr. ARNALDO YANA TORRES



RESOLUCIÓN DECANAL N° 960-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 06 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 11905 presentado por el (la) Bachiller: **GROVER JAIME LEON MAMANI** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **GROVER JAIME LEON MAMANI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA CONSUMO HUMANO EN LA URBANIZACIÓN SANTO TOMÁS DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO**, la misma que pertenece a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **1er Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. - **RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **GROVER JAIME LEON MAMANI**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA CONSUMO HUMANO EN LA URBANIZACIÓN SANTO TOMÁS DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Viernes 13 de setiembre del 2024
- * **HORA** : 10:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

ARTÍCULO CUARTO. - **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 703-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 31 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 9398 por el señor (a): **GROVER JAIME LEON MAMANI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 732 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 034 - 2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **GROVER JAIME LEON MAMANI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA CONSUMO HUMANO EN LA URBANIZACIÓN SANTO TOMÁS DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 034 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA CONSUMO HUMANO EN LA URBANIZACIÓN SANTO TOMÁS DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO**, Correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

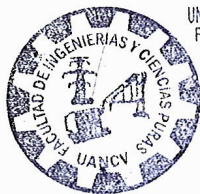
RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **GROVER JAIME LEON MAMANI**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA CONSUMO HUMANO EN LA URBANIZACIÓN SANTO TOMÁS DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Eirain Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 435-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 5159, presentado el o (la) Bachiller GROVER JAIME LEON MAMANI solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 333 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 49 -2024 del integrante del comité de investigación EPISA de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: GROVER JAIME LEON MAMANI ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA CONSUMO HUMANO EN LA URBANIZACIÓN SANTO TOMÁS DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 49 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA CONSUMO HUMANO EN LA URBANIZACIÓN SANTO TOMÁS DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: GROVER JAIME LEON MAMANI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA CONSUMO HUMANO EN LA URBANIZACIÓN SANTO TOMÁS DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Mgtr. ARNALDO YANA TORRES.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraim Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA EL CONSUMO HUMANO EN LA URBANIZACIÓN SANTO TOMÁS DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


| | | |
|---|--|----|
| 1 | Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante | 3% |
| 2 | repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet | 3% |
| 3 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 1% |
| 4 | repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 5 | www.eib.org Fuente de Internet | 1% |
| 6 | repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 7 | repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 8 | tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet | 1% |



Metadatos Complementarios

| | |
|--|---|
| Título de la Tesis | |
| EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA CONSUMO HUMANO EN LA URBANIZACIÓN SANTO TOMÁS DE LA CIUDAD DE JULIACA – PUNO | |
| Datos del autor | |
| Nombres y apellidos | GROVER JAIME LEON MAMANI |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 47616444 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0009-0002-9857-0759 |
| Datos de asesor | |
| Nombres y apellidos | ARNALDO YANA TORRES |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 41414676 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0000-0002-6740-5024 |
| Datos del jurado | |
| Presidente del jurado | |
| Nombres y apellidos | EFRAIN PARILLO SOSA |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 02416058 |
| Miembro del jurado 1 | |
| Nombres y apellidos | FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 02442876 |
| Miembro del jurado 2 | |
| Nombres y apellidos | JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 01323821 |
| Datos de la investigación | |
| Línea de investigación | SANEAMIENTO AMBIENTAL – P 22 |
| Grupo de investigación | No aplica |
| Agencia de financiamiento | Sin financiamiento |



| | |
|--|---|
| Ubicación geográfica de la investigación | <p>Urbanización Santo Tomas de la ciudad de Juliaca</p> <p>País: Perú</p> <p>Departamento: Puno</p> <p>Provincia: San Román</p> <p>Distrito: Juliaca</p> <p>Urbanización Santo Tomas</p> <p>Latitud: -15.459123</p> <p>Longitud: -70.141091</p> <p>https://maps.app.goo.gl/AkfzKsZzoyEJ2uwbA</p>  |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación | Agosto 2023 – agosto 2024 |
| URL de disciplinas OCDE | <p>Ingeniería ambiental</p> <p>https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</p> <p>Salud ambiental</p> <p>https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.03.05</p> |
| - Librería | |

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS



Dr. Efraim Barillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
JULIACA - PUNO



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Grover Jaime Leon Mamani, identificado con DNI Nro. 47616444, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Sanitaria y Ambiental

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

" Evaluación de la calidad de aguas subterráneas para consumo humano en la urbanización Santo Tomás de la Ciudad de Juliaca - Puno "

Asesorado por: Dr. Arnaldo Yana Torres

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.


Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 25 de setiembre del 2024


Firma del Asesor


Firma del Estudiante


Huella



DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se la dedico a nuestro divino hacedor, quien me guía por el buen camino, me da fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentan, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi compañera de vida, mi pareja, Danith Betzabeth, por su amor, paciencia y apoyo incondicional cuando más lo necesite.

A mi querido hijo Lionel H., por su cariño y alegría, que me da fortaleza para seguir adelante.

A mi madre Emiliana, por ser una madre ejemplar y luchadora.

Leon Mamani, Grover Jaime



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su luz divina que siempre está conmigo, por resguardarme durante mi travesía y proporcionarme la fortaleza necesaria para vencer obstáculos y desafíos a lo largo de toda mi existencia.

A mi madre Emiliana Mamani Flores, quien, con su ejemplo de maternidad ejemplar, me ha transmitido la lección de no desfallecer ni rendirme ante ningún obstáculo, instándome siempre a preservar con sus sabios consejos.

A mis ilustres miembros del jurado. Por la valiosa orientación y asesoramiento proporcionados para llevar a cabo dicha tarea de la investigación.

Agradezco también a todas las personas que contribuyeron de manera directa e indirecta en la ejecución de la presente investigación.

Leon Mamani, Grover Jaime



ÍNDICE GENERAL

| | |
|-------------------------|------|
| Dedicatoria..... | iii |
| Agradecimiento..... | iv |
| Índice general..... | v |
| Índice de tablas..... | viii |
| Índice de gráficos..... | ix |
| Índice de Anexos..... | x |
| Resumen..... | xi |
| Abstract..... | xii |
| INTRODUCCIÓN..... | xiii |

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

| | |
|---|----|
| 1.1. Análisis de la situación problemática..... | 15 |
| 1.2. Planteamiento del problema..... | 17 |
| 1.2.1. Problema general..... | 17 |
| 1.2.2. Problemas específicos..... | 17 |
| 1.3. Justificación de la investigación..... | 17 |
| 1.4. Objetivos de la investigación..... | 18 |
| 1.4.1. Objetivo general..... | 18 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 18 |
| 1.5. Hipótesis de la investigación..... | 19 |
| 1.5.1. Hipótesis general..... | 19 |
| 1.5.2. Hipótesis específicas..... | 19 |
| 1.6. Variables e indicadores..... | 19 |
| 1.7. Operacionalización de variables..... | 20 |



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

- 2.1. Antecedentes de la investigación 21
 - 2.1.1. Antecedentes internacionales 21
 - 2.1.2. Antecedentes nacionales 25
 - 2.1.3. Antecedentes regionales 26
- 2.2. Marco teórico..... 27
 - 2.2.1. Calidad de agua 27
 - 2.2.2. Aguas subterráneas 28
 - 2.2.3. Contaminación del agua subterránea 29
 - 2.2.4. Causas principales de la contaminación..... 30
 - 2.2.5. Calidad de agua subterránea 30
 - 2.2.6. Características fisicoquímicas 31
 - 2.2.7. Características microbiológicas 33
 - 2.2.8. Peligros microbiológicos relacionados con el agua de consumo humano..... 33
 - 2.2.9. Contaminación microbiológica..... 34
 - 2.2.10. Bacterias indicadoras de la calidad de agua 34
 - 2.2.11. Tipos de pozos para la extracción de aguas subterráneas 35
 - 2.2.12. Perforación manual de pozos según modelo CEPIS 36
- 2.3. Marco conceptual 39

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1. Método de investigación 41
- 3.2. Tipo de investigación 41
- 3.3. Diseño de la investigación 41
- 3.4. Técnicas e instrumentos de investigación..... 42
 - 3.4.1. Técnica 42
 - 3.4.2. Instrumento 42



- 3.5. Población y muestra 43
 - 3.5.1. Población 43
 - 3.5.2. Muestra 43
- 3.6. Ubicación de la zona de estudio 44
- 3.7. Procedimiento metodológico de extracción de muestras 44
 - 3.7.1. Procedimiento para el objetivo específico 1 44
 - 3.7.2. Procedimiento para el objetivo específico 2 y 3..... 45

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- 4.1. Describir las características y componentes estructurales de los pozos domésticos
construidos, para el abastecimiento de las aguas subterráneas para consumo humano
en la Urbanización Santo Tomás 47
- 4.2. Determinar los parámetros físico-químicas de las aguas subterráneas en la
Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno..... 51
- 4.3. Determinar los parámetros bacteriológicos de las aguas subterráneas en la
Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno..... 64

CONCLUSIONES 69

RECOMENDACIONES 70

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 71

ANEXOS 79



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Operacionalización de variables..... | 20 |
| Tabla 2. Indicadores de la calidad del agua | 27 |
| Tabla 3. Límites Máximos Permisibles de parámetros microbiológicos de agua de consumo humano..... | 33 |
| Tabla 4. Viviendas con pozos domésticos de agua subterráneas seleccionadas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca. | 43 |
| Tabla 5. Coordenadas de los pozos puntos de muestreo | 47 |
| Tabla 6. Características y componentes estructurales de los pozos de agua subterráneas seleccionadas en la Urbanización Santo Tomás. | 49 |
| Tabla 7. Resultados totales obtenidos del Parámetro físico-químicos de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás. | 51 |
| Tabla 8. Resultados totales obtenidos del Parámetro bacteriológicos de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás. | 64 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-------------------|---|----|
| Figura 1. | Ubicación de pozo y letrinas | 39 |
| Figura 2. | Ubicación del punto de muestreo de los pozos en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca. | 44 |
| Figura 3. | Diagrama de barra de la Turbidez de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de las aguas subterráneas de la Urbanización Santo Tomás..... | 52 |
| Figura 4. | Diagrama de barra del Potencial de Hidrógeno de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de las aguas subterráneas de la Urbanización Santo Tomás..... | 53 |
| Figura 5. | Diagrama de barras de la Conductividad Eléctrica de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de las aguas subterráneas de la Urbanización Santo Tomás..... | 54 |
| Figura 6. | Diagrama de barra de los Solidos totales disueltos de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de las aguas subterráneas de la Urbanización Santo Tomás..... | 55 |
| Figura 7. | Diagrama de barra de la Salinidad de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de las aguas subterráneas de la Urbanización Santo Tomás..... | 56 |
| Figura 8. | Diagrama de barra de la Temperatura de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de las aguas subterráneas de la Urbanización Santo Tomás..... | 57 |
| Figura 9. | Diagrama de barra de la Dureza total de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de las aguas subterráneas de la Urbanización Santo Tomás..... | 58 |
| Figura 10. | Diagrama de barra de Cloruros de las muestras de las aguas subterráneas | 59 |
| Figura 11. | Diagrama de barra de Sulfatos de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de las aguas subterráneas de la Urbanización Santo Tomás..... | 60 |
| Figura 12. | Diagrama de barra de Nitratos de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de las aguas subterráneas de la Urbanización Santo Tomás..... | 61 |
| Figura 13. | Coliformes totales de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de las aguas subterráneas de la Urbanización Santo Tomás..... | 65 |
| Figura 14. | Coliformes termotolerantes de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de las aguas subterráneas de la Urbanización Santo Tomás..... | 66 |



ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Matriz de consistencia | 80 |
| Anexo 2. Panel fotográfico..... | 81 |
| Anexo 3. Tablas de LMP según DS N° 031-2010-SA | 83 |
| Anexo 4. Plano de ubicación..... | 84 |



RESUMEN

Las aguas subterráneas constituyen la fuente principal de agua potable para las personas, en Juliaca la gente usa estas aguas como potable sin tratamiento adicional, por lo que se hace imprescindible evaluar el actual estado de la calidad de estas aguas para lograr una gestión sostenible de los recursos hídricos subterráneos. Este estudio tuvo como propósito evaluar la calidad de aguas subterráneas para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca. En cuanto a la metodología se enmarca en el enfoque cuantitativo aplicada, de tipo descriptivo explicativo, diseño experimental, como muestra se tuvo 5 puntos de muestreo. Los resultados demostraron que el diseño de los pozos artesianos presenta graves deficiencias, ya que carecen de una estructura de defensa, lo que hace que el agua tiende a ser contaminada; respecto al análisis físico-químicos, los valores de concentración de la temperatura, salinidad, dureza total, sólido disuelto y total, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno, sulfatos, nitratos, turbidez y cloruros están dentro de los valores máximos instituidos en los Límites Máximos Permisibles (LMP) para consumo humano, indicando que se encuentran en condiciones ideales para el consumo; en cambio, los coliformes totales (M-1=140UFC/100ml; M-2=124UFC/100ml; M-3=96UFC/100ml; M4=50UFC/100ml y M-5=30UFC/100ml) han sobrepasado los valores máximos instituidos en los LMP en el D.S.031-2010SA, así como los coliformes termotolerantes (M1=2UFC/100ml; M-2=32UFC/100ml; M-3=2UFC/100ml; M-4=6UFC/100ml y M5=8UFC/100ml), por consiguiente, estas aguas no son óptimas para el consumo ya que pone en riesgo la salud de las personas ya que estas aguas de pozo están siendo contaminadas con residuos de alcantarillado y excretas, y tiene un potencial de provocar enfermedades como enterococos y Escherichia coli.

Palabras clave: Propiedades Físico-Químicas, Coliformes Totales, Termotolerantes, Aguas Subterráneas.



ABSTRACT

Groundwater is the main source of drinking water for people, in Juliaca people use this water as drinking water without additional treatment, so it is essential to evaluate the current state of the quality of this water in order to achieve sustainable management of groundwater resources. The purpose of this study was to evaluate the quality of groundwater for human consumption in the Santo Tomás housing estate in the city of Juliaca. As for the methodology, it is framed in the quantitative approach applied, descriptive explanatory type, experimental design, as a sample there were 5 sampling points. The results showed that the design of the artesian wells has serious deficiencies, as they lack a defence structure, which means that the water tends to be contaminated; With regard to the physical-chemical analysis, the concentration values of temperature, salinity, total hardness, dissolved and total solids, electrical conductivity, hydrogen potential, sulphates, nitrates, turbidity and chlorides are within the maximum values established in the Maximum Permissible Limits (MPL) for human consumption, indicating that they are in ideal conditions for consumption; on the other hand, total coliforms (M-1=140UFC/100ml; M-2=124UFC/100ml; M-3=96UFC/100ml; M4=50UFC/100ml and M-5=30UFC/100ml) have exceeded the maximum values instituted in the MPLs in the D. S.031-2010 SA, as well as thermotolerant coliforms (M1=2UFC/100ml; M-2=32UFC/100ml; M-3=2UFC/100ml; M-4=6UFC/100ml and M5=8UFC/100ml), therefore, these waters are not optimal for consumption as it puts the health of people at risk since these well waters are being contaminated with sewage waste and excreta, and has a potential to cause diseases such as enterococci and Escherichia coli.

Key Words: Physical-Chemical Properties, Total Coliforms, Thermotolerant, Groundwater.



INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua potable a la población es un importante desafío al que se enfrenta la humanidad (Ortiz-Letechipia et al., 2021). En esa línea el agua subterránea desempeña un rol esencial a la hora de proporcionar un importante suministro de agua potable en regiones semiáridas y áridas del mundo. Cerca de 2.500 millones de individuos a nivel mundial satisfacen sus necesidades de agua potable utilizando aguas subterráneas como única fuente (Sulaiman et al., 2023). Muchos estudios han indicado que la calidad del agua subterránea se ha ido deteriorando con el tiempo debido a diversos factores como la rápida industrialización, el crecimiento demográfico no planificado, las actividades antropogénicas y geogénicas, la explotación excesiva, entre otros (Raheja et al., 2024). El deterioro de la calidad del agua subterránea impacta directamente en la salud pública, especialmente en regiones donde la infraestructura de suministro de agua es escasa. En consecuencia, debido a su importancia, debemos proteger el recurso hídrico subterráneo ante las amenazas a su calidad y disponibilidad futura. El análisis de estudio de la calidad del agua ayuda a desarrollar estrategias para controlar la polución de aguas superficiales y subterráneas (Solís, 2023).

Asimismo, la polución de estas aguas subterráneas tiene origen en el crecimiento población descontrolado, las acciones ejecutadas por personas, domésticas e industriales (Qureshi et al., 2021), hasta 1950 el agua subterránea se consideraba de buena calidad y apta para todos los usos (Gil Marin et al., 2019), sin embargo, en la segunda mitad del siglo XX se ha dado lugar a niveles sin precedentes de contaminación, lo que hace inseguras para beber (Holland et al., 2015).

En la ciudad de Juliaca, el acceso a la potabilidad, el saneamiento adecuado y las prácticas higiénicas no están garantizados para toda la población; las zonas aledañas o periféricas a la ciudad tienen una cobertura inadecuada de sistemas de suministro de agua y recojo de agua residual, asimismo, no existen estaciones de monitoreo, ni un control sistemático de la calidad de los recursos hídricos subterráneos, es decir, no existen registros que permitan evaluar diferenciaciones estacionales en la calidad del recurso hídrico subterráneo. En ese



contexto, el presente trabajo es un intento de estudiar la calidad del agua subterránea para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.

Por lo tanto, una evaluación de la calidad del recurso hídrico que permita valorar los peligros para la salud humana debido a la polución de las aguas subterráneas, es una tarea desafiante que sería útil para que las partes interesadas identifiquen los contaminantes más comunes en el área y propongan herramientas de gestión adecuadas para mejorar el bienestar público de la zona. Para lograr el objetivo se analizaron 5 puntos de muestras de agua subterránea, se midieron la contaminación microbiana, bacteriológicas, las concentraciones fisicoquímicas, letrinas y pozos. Los valores informados se contrastaron con las Directrices del MINSA y finalmente, se evaluó el riesgo asociado a la calidad del recurso hídrico destinada al consumo humano mediante el índice de Calidad del Agua establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

El presente estudio está estructurado por los componentes siguientes: En el primer Capítulo, se ha esbozado la situación del problema de la evaluación de calidad de aguas subterráneas para consumo humano de la ciudad de Juliaca, de ello se desprendió el esbozo del problema, justificaciones, objetivos y las hipótesis de la investigación. El segundo Capítulo, esboza, los antecedentes, el marco teórico y conceptual. El tercer Capítulo, aborda los procedimientos metodológicos. El Capítulo IV, presenta el análisis de resultados, la discusión, las conclusiones a los que se arribó, las recomendaciones pertinentes, la referencia bibliográfica y los anexos correspondientes.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

El agua subterránea es la principal fuente de agua dulce y está disponible predominantemente en la tierra y se ha utilizado en cantidades excesivas para diferentes actividades. Por tanto, los recursos de agua subterránea se consideran fuentes de agua valiosas en todo el mundo y están emergiendo como una fuente crucial de abastecimiento en regiones con estrés hídrico frecuente, ya que aporta aproximadamente el 30% del mundo total de agua dulce, a escala mundial más del 60 % se suministra agua potable subterránea (Jain et al., 2021). Asimismo, la progresiva polución y el rápido agotamiento de los recursos hídricos superficiales han impulsado la implementación de evaluaciones obligatorias de la calidad del recurso hídrico en todo el mundo (Bon et al., 2021). En América Latina y el Caribe, según el Informe 2022 de las Naciones Unidas en nombre de ONU-Agua, aproximadamente el 85% del recurso hídrico distribuido a la población de países como Colombia, Bolivia, Costa Rica, Chile y Perú procede de fuentes subterráneas. Los recursos hídricos subterráneos ya representan el 50% del volumen de extracción de agua utilizada para consumo doméstico en el mundo, incluida la potabilización de la mayor cantidad de personas que no cuentan con sistemas de abastecimiento privados o públicos (Solís, 2023; UNESCO, 2022).



A nivel nacional, se consumen agua entubada proveniente de diferentes fuentes o manantiales, es transportada y almacenada en reservorios para su posterior distribución. Sin embargo, en las últimas décadas, el crecimiento urbano descontrolado, por ende, el desabastecimiento de agua hace que las zonas rurales y zonas aledañas de las ciudades opten por consumir aguas subterráneas no tratadas y son consideradas la principal razón de la polución de recursos hídricos subterráneos en la mayoría de las naciones en progreso como Perú, por lo que la calidad del recurso subterráneo se ve afectada por un esparcimiento de los límites de la ciudad y las actividades comerciales, lo que se ve estimulado por un drástico crecimiento de la población (Bon et al., 2021; Chaudhari et al., 2024).

En la ciudad de Juliaca, Puno, se manifiesta que los servicios de agua solamente a cubierto el 58% de la ciudad y respecto al desagüe solo el 43% (SEDA JULIACA S.A., 2021). Esta ciudad es una de las ciudades de la región con más rápido crecimiento, por lo que se enfrenta a problemas ambientales cada vez mayores debido a varias razones, como el rápido crecimiento las actividades comerciales y la población, esto hace que los recursos hídricos sean más propensos al deterioro en cuanto a su cantidad y calidad. La polución del agua subterránea se convirtió en una problemática alarmante debido a sus riesgos para la salud (Gianoli et al., 2021). De acuerdo al informe del INDECI (2019), se detectó contaminación en pozos destinados al consumo doméstico, se reportó la existencia de microorganismo y metales pesados que sobrepasan los LMP, generando malestares a los ciudadanos. La Urbanización Santo Tomás de Juliaca presenta ausencia de servicios de desagüe y agua, lo que los lleva a consumir aguas provenientes de pozos artesanales, así como el uso de letrinas para la disposición de desechos humanos, construido directamente al suelo y generalmente ubicadas cerca a los pozos, por tanto, existe la preocupación de que el agua subterránea y el bienestar de los ciudadanos de la Urbanización estén en riesgo por la contaminación microbiológica, motivo por el cual es necesario evaluar la calidad del agua subterráneo para el consumo humano, identificando los metales pesados, los parámetros físico-químicas y bacteriológicos disueltos, comparando con los Directrices.



1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la calidad de las aguas subterráneas destinadas para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características y componentes estructurales de los pozos de aguas subterráneas para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno?
- ¿Cómo se encuentra los parámetros físico-químicas de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno?
- ¿Cómo se encuentra los parámetros bacteriológicos de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno?

1.3. Justificación de la investigación

Los servicios de desagüe y agua potable son limitados en la metrópoli de Juliaca, y es abastecido con el empleo de recursos de pozos artesanales que se construyen la mayoría de ellos sin protección y sin acción de potabilización; a ello se suma el problema del servicio de desagüe que es atendido por el funcionamiento de silos los que representa una simple excavación sin protección llegando a contaminar significativamente a las aguas subterráneas, por ende, a los recursos de los pozos en uso. Ante ello, la **justificación técnica** radica en la necesidad de identificar y cuantificar contaminantes químicos y biológicos que pueden poner en riesgo el bienestar público, desarrollar modelos hidrogeológicos que expliquen la dinámica de contaminantes en los acuíferos, establecer estándares y normativas basados en datos científicos precisos, y diseñar sistemas de tratamiento adecuados. La **justificación práctica** se centra en la protección y gestión sostenible y duradero de las fuentes de agua doméstico,



permitiendo la identificación prematura de contaminantes y el implemento de medidas correctoras. Esto asegura la prevención de enfermedades, garantiza un suministro continuo de agua segura, y facilita el diseño y aplicación de tecnologías de tratamiento efectivas. Además, la evaluación práctica proporciona datos cruciales para la planificación y regulación del uso de los recursos, evitando la sobreexplotación y asegurando que las zonas rurales y urbanas tengan acceso a agua apropiada y de calidad para sus necesidades diarias. La **justificación social** radica en garantizar que se pueda acceder a agua potable, promoviendo el bienestar y la equidad en zonas vulnerables, y fomentará la confianza y participación ciudadana en la gestión de los recursos, mejorando la calidad de vida y la justicia ambiental, ya que la contaminación física, química y bacteriológica que se produce es un grave problema que la autoridad competente debe de afrontarlo.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la calidad de las aguas subterráneas destinadas para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir las características y componentes estructurales de los pozos de aguas subterráneas para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.
- Determinar los parámetros físico-químicas de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.
- Determinar los parámetros bacteriológicos de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.



1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

La calidad de las aguas subterráneas es apta para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno

1.5.2. Hipótesis específicas

- Las características y componentes estructurales de los pozos de aguas subterráneas para consumo humano se encuentran en pésimas condiciones en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.
- Los parámetros físico-químicas de agua subterránea se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.
- Los parámetros bacteriológicos de agua subterránea se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.

1.6. Variables e indicadores

Variable Independiente

- Evaluación de calidad de agua

Variable Dependiente

- Aguas subterráneas para consumo humano

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

| VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | ÍNDICES |
|---|---|--|--|
| V.I Evaluación de calidad de agua | Características y Componentes estructurales de pozos. | Proceso constructivo, Distancia y Profundidad de pozos | Ficha de registro. Límites máximos permisibles: |
| | Parámetros físico-químicos | Conductividad, turbidez, y temperatura. dureza total, pH, cloro, sólido disuelto y total, nitratos, sulfatos, metales totales | ✓ pH ✓ NTU ✓ uS/cm ✓ % ✓ °C ✓ mg/l |
| V.D Aguas subterráneas para consumo humano | Parámetros microbiológicos. | Coliformes totales y coliformes fecales. | Límites máximos permisibles: ✓ UFC/100ml |

Fuente: Elaboración propia – Mayo, 2024.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

A nivel internacional destacan la investigación de Lora et al. (2024) cuyo objetivo fue valorar la calidad del recurso subterráneo para uso doméstico y sus peligros para el bienestar en Colombia, cuyos hallazgos demuestran que los coliformes fecales y los totales (420,000 NMP/100ml) superan los límites de calidad en el 58% y el 89% de las muestras analizadas, asimismo, el pH, Fe, color, Al, Mn, Cs, Cu, Al, As, Pb no cumplen con el estándar de calidad y superan el límite permisible, al igual que los nitratos excedieron el límite permisible (10 mg/L) en más del 10% de las muestras de agua. Llegando a concluir que el recurso subterráneo de las zonas de estudio no es adecuado para el consumo doméstico.

Raheja et al. (2024) tuvo como fin evaluar la calidad del recurso subterráneo y el riesgo para el bienestar humano en la India. Los hallazgos demostraron que los valores de pH, SDT, CE, TH, cloro, temperatura, nitrato se localizan dentro de los niveles aceptables de la OMS y las BIS considerados aptos para agua potable. Sin embargo, el 68,08% de muestras de efluentes subterráneos de coliformes fecales y totales superaban el límite de potabilidad para beber recomendado por la OMS.



Abdessamed et al. (2023) examinaron la calidad del recurso subterráneo para el uso doméstico sostenible en zonas áridas de Argelia. En su estudio, determinaron que en 33 pozos la CE, el pH, dureza total (TH), temperatura, cloruro, sulfato, sólido total disuelto (SDT) y nitrato estaban dentro del límite para consumo de agua, sin embargo, en 12 pozos superan los límites aceptables deduciendo que no son aptas para el consumo. En cuanto a los coliformes termotolerantes determinó que 87% de muestras de pozo excedían el límite, al igual que los coliformes totales.

Bidhuri y Khan (2022) en su estudio sobre calidad de recursos subterráneos para consumo doméstico, determinó que en la mayoría de las muestras la concentración de pH se localiza dentro de los niveles aceptables (6.5-8.5), las concentraciones de TDS de recurso subterráneo van desde 711 a 3103mg/l excediendo los límites deseables, la concentración de alcalinidad oscilan entre 261 y 634mg/l superando el límite deseable de 200 (BIS), los valores de dureza total estuvieron por encima del límite deseable de 200 (BIS) y se registraron entre 311 y 1041mg/l, la concentración de sulfato oscila entre 102 y 553mg/l, la concentración de cloruro supera los niveles deseables de 250 mg/l. las concentraciones de fluoruro s de 0.12 a 2.9mg/l y están dentro de los límites permisibles, las concentraciones de nitrato cambiaron de 0,31 a 38 mg/l con un nivel promedio de 16,46 mg/l. Esto reflejó que, en el área de estudio, el nivel de sustancia de nitratos está por debajo del nivel aceptable especificado por el BIS (45 mg/l).

Qureshi et al. (2021), en su estudio se trazó por finalidad evaluar las características bacteriológicas y fisicoquímicas de las muestras de recursos subterráneos para hallar su calidad para su uso en el área de la unidad de Pakistán Occidental. En la investigación se seleccionaron 5 sitios diferentes para examinar la calidad del recurso hídrico subterráneo, se recogió un total de 30 muestras obteniendo 6 muestras de cada área seleccionada. Los hallazgos muestran que el valor de pH de todas las muestras recolectadas estuvo en el rango de las pautas de la OMS y NEQS y estaban



en el rango de 6 a 7,5, la Conductividad eléctrica estuvo en el rango de 4 a 5 mS/cm, los valores de dureza total estuvo en el rango de 1000–1760 mg/L. superior a los límites de la OMS. El valor máximo de cloruros fue alrededor 500–900 mg/L y 100–600 mg/L, respectivamente, no obstante, no son aceptables para el agua potable, el valor recomendado de alcalinidad es de 250 mg/L(OMS) sin embargo, la alcalinidad del agua subterránea de todas las muestras superó el nivel permisible de agua potable, el valor de referencia de la OMS para el sulfato es de 250 mg / L, sin embargo, las concentraciones oscilan entre fue de 500-881,9 mg/L. Según la OMS, el valor recomendado de nitratos es de 10 mg/L. pero en las muestras se reportó en el rango de 4.37–76.94 mg/L.

KimAnh y Thanh (2018), quienes investigaron sobre la valoración de la calidad de recursos hídricos subterráneos y los riesgos para el bienestar humano, concluyendo que el agua subterránea ha sido contaminada con TDS, coliformes y arsénico y los niveles de coliformes en todos los pozos de monitoreo fueron altos y excedieron el nivel permitido. Por su lado, Adimalla et al. (2020), estudiaron la valoración de la calidad del recurso hídrico subterráneo para tomar en India, donde infirieron que, los valores de pH del recurso subterráneo muestran que son de naturaleza neutra a ligeramente alcalina y las concentraciones de fluoruro y nitrato en el recurso subterráneo de la zona de muestreo exceden los límites permisibles en 51% y 71% de las muestras, respectivamente. Adamou et al. (2020), en su artículo de calidad bacteriológica y fisicoquímica de recursos subterráneos, determinaron que, el pH es aceptable, las muestras mostraron niveles altos de mineralización y desoxigenación, además, eran ligeramente cloradas y sulfatadas pero muy alcalinas y contenían nitratos y iones nitritos 2-16 veces más alto que los estándares de la OMS, por lo que, la calidad bacteriológica y fisicoquímica de estos recursos subterráneos se ve afectada por la ausencia de sistemas de gestión de despojos domésticos y aguas residuales.



Gharahi et al. (2022), en su artículo concluyó que gran parte de las muestras de recurso hídrico subterráneo son aptas para beber. Sin embargo, en el periodo de lluvias, los recursos de manantial están contaminadas bacteriológicamente y no son adecuadas para el uso doméstico. También (2019) realizaron un estudio respecto a la calidad del agua subterránea y la apreciación de riesgos para el bienestar relacionada en una zona semiárida del sur de la India y encontró que el nitrato y el fluoruro eran los principales contaminantes que afectan la seguridad del agua potable. Karakuş (2019) evaluó la calidad del recurso subterráneo en la provincia de Sivas, Turquía, y mostró que TDS, NO_3^- , SO_4^{2-} , Cr y As afectan negativamente la calidad del recurso hídrico subterráneo. Investigadores han llevado a cabo estudios similares en otras regiones llegando a finiquitar que los parámetros físicoquímicos se localizan dentro del límite aceptable y consideraron que es apta para agua potable (Chen et al., 2019; Ganyaglo et al., 2019; X. He et al., 2019; Iticescu et al., 2019; Jia et al., 2019; Kihumba et al., 2016; Rasool et al., 2016; Rezaei et al., 2019; Zhang et al., 2020).

Ibrahim et al. (2019), en su investigación tuvo como fin valorar la concentración de sustancias inorgánicas para determinar la calidad de los pozos poco profundos excavados a mano para usos domésticos y de riego en las localidades rurales de Ilorin, en Nigeria. Se recolectaron veinte (20) muestras de agua de pozos durante las estaciones húmeda y seca. Las muestras de agua se evaluaron en cuanto a cualidades físicas y químicas. Los hallazgos indican que el pH es de ácido a alcalino, que oscila entre 6,7 y 7,6 en la estación seca y entre 6,6 y 7,2 en la temporada de lluvias, además, las concentraciones de pH se localizan dentro del límite permitido de los esquemas de la OMS, concluyendo que las concentraciones de pH indicaron que se localizan dentro del límite aceptable y recomendados para usos domésticos.



2.1.2. Antecedentes nacionales

Castillo et al. (2022) examinaron la calidad del recurso subterráneo en Trujillo durante la pandemia. Sus hallazgos demostraron que las concentraciones del parámetro microbiológico (Coliformes totales 28 a 2400NMP/100ml; coliformes fecales 10 a 1366.67NMP/100 ml) del agua no reúne las condiciones bacteriológicas aceptables, siendo no adecuadas para el consumo. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, las concentraciones de los valores superan los Límites aceptables en los tres puntos de muestreo.

Soriano (2018) en su pesquisa "Evaluación de la calidad microbiológica y físico-química del recurso hídrico subterráneo con fines de uso humano en la localidad de Pata Pata". Concluyó que la calidad del recurso hídrico subterráneo no es aceptable en los 3 muestreos, debido a la existencia de exceso de coliformes termotolerantes y totales, que sobrepasan los LMP y las normas de calidad ambiental sub categoría A1, los nitratos también sobrepasan los LMP, lo que la hace no adecuada para ser consumida. Los valores promedio de las características organolépticas para el sitio AS-01 fue: 0.215 mg/L de boro, 0.032 mg/L de aluminio, 0.103 mg/L [...], los valores de las características organolépticas para AS-03 fue: 0.183 mg/L de boro, 0.092 mg/L de aluminio, 0.101 mg/L de bario.

Aguilar y Navarro (2018) en su estudio "Calidad del agua para uso doméstico en la comuna de LlañucanCHA - Abancay 2017" . Llegó a las siguientes conclusiones: Dado que las características físicas, como conductividad, temperatura y turbidez, determinadas por los hallazgos, no superan los LMP indicados en el DS N° 031-2010-SA, asimismo, la calidad del recurso hídrico subterráneo no es aceptable para el uso doméstico, por lo que las características químicas, como cloruros, pH y la dureza, ni los parámetros bacteriológicos, como los coliformes fecales y totales, en el agua de la red de captación, del embalse y de la red de distribución superan los LMP.



2.1.3. Antecedentes regionales

Ávila (2024), en su tesis se trazó por objetivo, Examinar la calidad del recurso hídrico subterráneo para el consumo humanitario en Paucarcolla. Los hallazgos demostraron que las características físicas en agua subterránea en los 3 pozos se hallan por debajo de los LMP en el distrito de Paucarcolla, los valores de los característicos químicos también se hallan por debajo del LMP dureza (107.7 a 230.8 mg/L), alcalinidad (151.22 a 207.61 mg/L), cloruro (88.07 a 200.6 mg/L), sulfato (50.8 a 39.0 mg/L) y SDT (196.7 a 187.8 mg/L). Las concentraciones de los parámetros microbiológicos se ubican debajo de los LMP considerados aptos para el consumo humano.

Curo (2017) en su tesis *"Calidad fisicoquímica y bacteriológica del recurso hídrico de pozos en el distrito de Huata, 2016"*. Determinó que, los parámetros fisicoquímicos, el pH, la turbidez, la dureza total, la temperatura, la alcalinidad, los cloruros, los sulfatos y el hierro, están dentro de los niveles permitidos; a excepción de la conductividad eléctrica, que oscila entre 2448,3 μ S/cm y 1554 μ S/cm, los sólidos totales fluctúan entre 1224,0 y 1045,3 mg/l, el hierro fluctúa entre 1,2 y 0,9 mg/l, y el cobre fluctúa entre 5,5 y 1045,3 mg/l. 3 μ S/cm en Collana I, el sólido disuelto fluctúa entre 1224,0 y 1045,3 mg/l, el hierro, entre 1,2 y 0,9 mg/l, y el cobre entre 5,0 y 3,8 mg/l en Collana II superan los niveles permitidos, lo que implica que el recurso hídrico es de mala calidad.

Calsín (2016) en su indagación *"Calidad química, física y bacteriológica de recurso hídricos subterráneos de uso doméstico en el sector Taparachi III de Juliaca"*. Se encontró que la temperatura, la turbidez y los sólidos disueltos del agua de pozo entubado y artesiano estaban dentro de los niveles permitidos en el DS N° 031-2010-SA. Esto revela que los recursos hídricos de pozos son idóneos para la potabilidad. Las características químicas no exceden los LMP y los parámetros bacteriológicos, como coliformes fecales y totales superan los LMP, por lo que se demostró que los hídricos de esos pozos son apreciados no recomendables para el uso doméstico.



2.2. Marco teórico

2.2.1. Calidad de agua

Según su finalidad, la calidad del agua se describe como adecuada para uso humanitario con un escaso desinfección y tratamiento. Está correlacionada con una elevada pluviosidad, que modifica la característica química, física y bacteriológica del curso de agua (Zhen-Wu, 2010). Según la OMS (2004), por agua esterilizada se concibe cualquier agua que no suponga un daño importante nocivo que afecte a la salud, considerando las distintas susceptibilidades que pueda manifestar un individuo en diferentes fases de la vida. El agua tiene propiedades variables que varían según dónde se encuentre y cómo se produzca. Estas propiedades suelen medirse y clasificarse en función de la propiedad química, física y biológica del recurso hídrico. Este último elemento es el que define la calidad e idoneidad del recurso para un fin específico. En la tabla 1 se muestra los principales parámetros para determinar la calidad del agua.

Tabla 2. Indicadores de la calidad del agua

| Parámetros | Descripción |
|-----------------------------------|---|
| Parámetros físicos | Turbiedad, residuos o sólidos, sabor, olor y color, y temperatura. |
| Parámetros químicos | Grasas y aceites, alcalinidad, conductividad eléctrica, pH, dureza, sodio, cloruros, sulfatos |
| Parámetros bacteriológicos | Algas bacterias (coliforme termo tolerante y total), protozoos, virus, recuento heterotrófico, y helminto patógeno. |

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2008



2.2.2. Aguas subterráneas

El agua subterránea es el importante producto básico/fuente de suministro de elemento para beber, con fines industriales y agrícolas. A nivel mundial, el 65% del recurso subterráneo se utiliza para beber, el 20% para riego y ganado, y el 15% para industria y minería y alrededor de un tercio del mundo de la población depende solo del recurso hídrico subterráneo para beber (Adimalla et al., 2020). El recurso subterráneo, también es un recurso invaluable de agua potable que se utiliza para uso doméstico, actividades industriales y agricultura (Annapoorna & Janardhana, 2015).

El agua es un elemento indispensable del que dependen todos los seres vivos para sobrevivir. A medida que la población mundial crece y se urbaniza, la necesidad de agua no deja de aumentar. No obstante, el mantenimiento de una calidad adecuada del agua supone riesgos considerables, ya que el incremento de la demanda de este recurso para beber, para usos agropecuarios del hogar y para usos industriales no es proporcional a la oferta de agua (Giwa et al., 2018).

El recurso más importante del mundo para la existencia de la humanidad y el crecimiento socioeconómico son los recursos hídricos subterráneos. No obstante, tanto las circunstancias geológicas e hidrológicas inherentes a la naturaleza como las variables inducidas por el ser humano pueden repercutir desfavorablemente en la calidad de ese recurso (Akpataku et al., 2020), Por si fuera poco, la excesiva extracción combinada con la contaminación química y microbiológica supone un peligro para la calidad del recurso hídrico subterráneo, que constituyen un importante suministro de potabilización (Aydin, 2007). Como las aguas subterráneas son fiables y fácilmente accesibles, todavía son la fuente predominante de potabilización en numerosos países en vías de desarrollar, tanto si proceden de pozos perforados como de pozos tubulares (Indrastuti et al., 2021).



El agua bruta suele albergar un amplio abanico de microorganismos inoos heterótrofos, incluidas muchas bacterias desconocidas o no reconocibles, así como especies de Acinetobacter, Pseudomonas, Moraxella, Chromobacteria, Achromobacter y Alcaligenes, dependiendo de la fuente. El método convencional para evaluar la calidad bacteriológica del efluente consiste en vigilar la presencia de microbios no patógenos (Kölbel-Boelke et al., 1988).

En cambio, la infiltración de las precipitaciones es la fuente principal de la corriente subterránea, que es el agua que se retiene y tiene circulación en el subsuelo y constituye una fracción del acuífero. Los estanques, riachuelos y arroyos son otros recursos de aguas subterráneas. Las fisuras y grietas de la tierra están totalmente saturadas de agua subterránea, que se sitúa más abajo del manto freático (Arbitó, 2019). Entre los usos del recurso hídrico subterráneo se incluyen:

- Alimentación para el hombre
- Alimentación para animales
- Fines industriales
- Uso en agricultura

2.2.3. Contaminación del agua subterránea

La contaminación del agua es el resultado de los efectos de sustancias exógenas. De acuerdo a Prieto (2004), Los desechos de residuos y escombros de lugares, empresas y ciudades polucionan el agua. La contaminación del recurso hídrico subterráneo por agentes químicos, incluidos los metales pesados, tales como el boro y arsénico, otros no metálicos como el flúor, y ciertos metales como el nitrógeno y el fósforo, es actualmente uno de los problemas que afectan a la salud humana (Chacón et al., 2011), combustión de carburantes fósiles, fundiciones de minerales, vertederos, efluentes industriales y municipales, etc. también son contaminantes del agua (Jang-Soon et al., 2009).



También, el agua puede estar contaminada por contaminantes microbiológicos, físicos y químicos, cada uno de los cuales está relacionado con diferentes causas y problemas y resultados relacionados con la salud. La polución microbiológica de las fuentes de agua se debe principalmente a la eliminación inadecuada de desechos animales y humanos, provocando infecciones de transmisión hídrica (Dieng et al., 2019). Sin duda, la polución de los recursos hídricos subterráneos supone una importante amenaza para el medio ambiente, la sociedad y la economía (Foster & Chilton, 2019; Hejaz et al., 2021).

2.2.4. Causas principales de la contaminación

En opinión de Paredes y Quinto (2016), las causas fundamentales de los recursos subterráneos son las siguientes:

- Infiltración de explotación de minerías
- Infiltración de lagunas de lodos por explotación minera
- Infiltración de lixiviados provenientes de vertederos sanitarios.
- Infiltraciones procedentes de embalses o depósitos utilizados para el almacenaje de hidrocarburo
- Uso excesivo de productos químicos fitosanitarios
- Filtraciones en pozos negros y fosas sépticas (Foster & Chilton, 2019; Hejaz et al., 2021).

2.2.5. Calidad de agua subterránea

El estado del recurso hídrico bajo la superficie de la Tierra se denomina calidad de las aguas subterráneas. En las fisuras de la roca subterránea y en la capa intermedia de las partículas del subsuelo se acumula el recurso subterráneo. Los productos químicos tóxicos pueden contaminar el agua porque en ella pueden disolverse diversas sustancias y otras pueden flotar sobre ella. La calidad del recurso hídrico de



superficie y subterráneos viene empeorando cada vez más por la acción tanto del hombre como de la naturaleza (Magesh et al., 2017)

El agua es una parte esencial del ecosistema, pero tanto la actividad natural como la humana llevan causando desde hace tiempo el declive de la calidad de este recurso de superficie y subterráneos. Los componentes naturales influyentes en la calidad del recurso hídrico son factores hidrológicos, atmosféricos, climáticos, topográficos y litológicos (Magesh et al., 2017), La minería, la crianza de ganado, la eliminación y producción de basura (industrial, municipal y agrícola), el incremento de la evacuación de sedimentos o de la erosión de los suelos como consecuencia del desplazamiento del suelo y la polución causada por metales pesados son ejemplos de actividades antrópicas que repercuten de forma negativa en la calidad del agua (Lobato et al., 2015; Uddin et al., 2021).

2.2.6. Características fisicoquímicas

Se refiere a las propiedades químicas y físicas de un material o sustancia. Estas características son cruciales para determinar el comportamiento, las interacciones y la idoneidad de las sustancias en diversas aplicaciones, como las ciencias medioambientales, la farmacología, la ciencia de los materiales y la ingeniería (Wei et al., 2023). Por otro lado, los parámetros fisicoquímicos del recurso subterráneo son las propiedades físicas y químicas que establecen su calidad y aptitud para varios usos, incluyendo el uso doméstico, la agronomía y la manufactura. Estos parámetros incluyen la temperatura, el pH, la dureza, conductividad eléctrica, y la concentración de sustancias disueltas como iones (calcio, magnesio, sodio, potasio), metales pesados (plomo, arsénico), y compuestos orgánicos e inorgánicos (nitratos, sulfatos, cloruros). La medición y análisis de estos parámetros es fundamental para valorar la potabilidad del agua, su impacto ambiental, y para diseñar estrategias de gestión y tratamiento adecuadas para asegurar la sostenibilidad y seguridad del recurso hídrico subterráneo (Alvarenga et al., 2022; Pongchaiphol et al., 2022).



- **Temperatura:** Afecta la solubilidad de sólidos y gases, como en la velocidad de las reacciones químicas.
- **pH:** Evalúa el nivel de alcalinidad o acidez del agua, siendo crucial para la vida acuática y el deterioro de materiales.
- **Conductividad Eléctrica:** muestra la capacidad de conducción eléctrica y la cantidad de iones disueltos en el agua.
- **Turbidez:** Evalúa la luminosidad y la presencia de partículas suspendidos que pueden afectar la calidad visual y la penetración de luz.
- **Sólidos Disueltos Totales (TDS):** Indican el contenido total de materias disueltas en el cuerpo de agua, afectando su sabor y potabilidad.
- **Dureza:** Determinada por la concentración de magnesio y calcio, afecta la creación de burbujeo al usar jabón y la deposición de incrustaciones en tuberías.
- **Oxígeno Disuelto:** Es fundamental para la existencia acuática y la descomposición de materia orgánica.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Mide la concentración de oxígeno requerido por microorganismos para descomponer materia orgánica en el cuerpo agua.
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Indica la concentración de oxígeno necesario para corroer químicamente la materia inorgánica y orgánica presente.
- **Concentraciones de Iones:** Incluyen cationes como magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}), sodio (Na^+), y aniones como sulfatos (SO_4^{2-}), cloruros (Cl^-) y nitratos (NO_3^-).
- **Metales Pesados:** La existencia de metales como plomo, cadmio, mercurio y arsénico es crítica debido a su toxicidad (Gavas et al., 2021).

2.2.7. Características microbiológicas

La microbiología se centra en la identificación de microorganismos capaces de repercutir de forma directa en las personas e incluso, por el mero hecho de existir, pueden sugerir la presencia de otros microorganismos como *Salmonella*, *Escherichia coli* y coliforme fecal (Eaton et al., 2005); Las aguas consideradas adecuadas para su uso son aquellas que satisfacen los criterios predeterminados para el grupo de parámetros indicadores considerados (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 1988).

Tabla 3. *Límites Máximos Permisibles de parámetros microbiológicos de agua de consumo humano*

| Parámetros | Unidad de medida | LMP |
|------------------------------|---------------------|-----|
| Bacterias coliformes totales | UFC/100 mL a 35°C | 0 |
| Bacterias coliformes fecales | UFC/100 mL a 44.5°C | 0 |

Fuente: DIGESA, 2011

2.2.8. Peligros microbiológicos relacionados con el agua de consumo humano

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2008), afirma que el agua potable contaminada con heces de personas o animales es sin duda el mayor peligro microbiológico; no obstante, es posible que existan otras fuentes y vías de infección significativas. Las enfermedades contagiosas, ocasionado por agente patógeno como bacteria, virus y parásito, son los riesgos sanitarios más frecuentes. Sin embargo, evaluar y medir los peligros para la salud asociados a la ingesta de agua podría ser una ayuda para comprender y gestionar, principalmente en casos de enfermedades que se producen ocasionalmente.



2.2.9. Contaminación microbiológica

Dentro de la contaminación microbiológica, sus agentes patógenos son principalmente biológicos, más que químicos y las infecciones causadas son por lo general transmisibles. En general, los patógenos pertenecen a la clase de las bacterias que se propagan a través de las deposiciones de alguien infectado. Por lo tanto, la forma más común en que se adquieren estas enfermedades es mediante el consumo de alimentos o bebidas. Las enfermedades humanas que se transmiten por el agua comprenden muchos microorganismos, entre ellos bacterias, virus y protozoos, y ocasionalmente helmintos. Estos organismos varían mucho en cuanto a tamaños, formas y composiciones (CYTED-RIPDA-CIRA, 2011).

2.2.10. Bacterias indicadoras de la calidad de agua

- **Coliformes:** Todos los organismos de vida animal y humana excretan coliformes, que son bacterias que se hallan constantemente en el ambiente y el excremento de las personas. Es improbable que la bacteria coliforme cause algún tipo de enfermedad. Por otro lado, su existencia en el potabilizador sugiere que el sistema de las aguas puede incluir patógenos, que constituyen organismos que provocan enfermedad (Departamento de Salud del Estado de Washington, 2021). El coliforme son el indicador más comúnmente reconocido de la calidad del agua en Estados Unidos, dado que son un signo de polución por heces humanas reciente en fuentes de abastecimiento de agua. (Britannica, 2021).
- **Coliformes totales:** comprenden bacterias naturales que se hallan en los suelos, en los cursos hídricos que han sufrido el impacto del agua superficial y en los productos de desecho de personas o animales. Lo más probable es que la fuente sea ecológica si el potable sólo contiene coliformes totales. La contaminación por heces es improbable. Por otro lado, las infecciones podrían



infiltrarse en el sistema si lo hace la contaminación ambiental (Britannica, 2021).

- **Coliformes fecales:** son la clase de coliforme total que se encuentra únicamente en el intestino y el excremento de animales sanguíneos. El origen del coliforme fecal es más particular que el origen del grupo más generalizado de coliforme total de bacterias debido a esto, la detección de coliforme fecal en una muestra de recurso hídrico suele ser un indicio de polución fecal nuevo, lo que implica un riesgo más alto de presencia de patógenos en comparación con la detección exclusiva de bacterias coliforme total (Bon et al., 2021).
- **Escherichia coli (E. coli):** es la especie principal de la clase de coliforme fecal. Los intestinos de los seres humanos y otros animales con fluido sanguíneo templada contienen enormes concentraciones de bacterias *E. Coli*, la mayor parte de ellas son inofensivas. No obstante, determinadas cepas son patógenas. Se cree que *E. coli* constituye la especie de bacterias coliformes que mejor indica la contaminación por heces y la probable existencia de gérmenes patógenos, ya que casi siempre está presente en las muestras de la red de abastecimiento potable. Este riesgo incrementado de existencia de patógenos se debe a la reciente contaminación fecal (Bon et al., 2021).

2.2.11. Tipos de pozos para la extracción de aguas subterráneas

Los pozos se dividen en 5 categorías según el método empleado para su construcción.

- **Pozo excavado:** Estos pozos se construyen utilizando herramientas manuales como picos y palas, o equipos de exhumación como paladas de arenilla. Son poco profundos y se emplean en áreas de niveles freáticos está cerca de la superficie. Su ventaja primordial es la posibilidad de ser construidos con instrumentos manuales, y su amplio trazo permite almacenar una formidable cantidad de recurso hídrico en el propio pozo.



- **Pozo taladrado:** Este tipo de pozo se excava utilizando taladros rotatorios, que pueden ser operados manualmente o mediante impulso motriz. Su ventaja primordial es que puede ser construidos con instrumentos manuales, y su amplio radio permite almacenar una cantidad formidable de recurso hídrico en el pozo.
- **Pozo a chorro:** Este tipo de pozo se excava utilizando un flujo de recurso hídrico de gran velocidad. El flujo desintegra el elemento sobre el que impacta, haciendo que se desplace y salga del hueco.
- **Pozo clavado:** Este tipo de pozo se construye mediante la inserción de una reja con filos, conocida como puntera. La puntera penetra en el suelo, a medida que se añaden tuberías o secciones de tuberías enroscada. Estos pozos son de radio diminuto.
- **Pozo perforado:** Para la cavación se utilizan mecanismos de rotación o percusión. Entre otras técnicas, se utiliza un achicador, presiones hidráulicas o un instrumento de taladro hueco para retirar el material cortado del agujero.

Cada tipo de pozo presenta ventajas específicas, como la sencillez en la construcción, el tipo de equipos necesarios, el aforo de acopio, la sencillez de acceso y la protección contra la polución.

2.2.12. Perforación manual de pozos según modelo CEPIS

En países de la región andina, se han utilizado con éxito las herramientas de extracción artesanal y manual. No obstante, en áreas de limitado acceso es difícil y afecta el coste y modalidades de tránsito, surgido inconvenientes que han llevado a la necesidad de construcción de plataformas de perforación in situ, lo cual ha incrementado los costos de implementación de esta tecnología.

Las plataformas de perforación se diseñan considerando las condiciones siguientes de trabajo:



Torre de tres cuerpos:

- Destinada a áreas de limitado acceso, como selvas y otros lugares de acceso limitado donde el transporte se lleva a cabo en diminutas flotas o a través del uso de estibadores.
- Adecuada para propiedades con características areno-arcillosas, pese a que puede utilizarse en terrenos conglomerados sin presencia de grandes rocas.
- Capacidad para perforar a hasta 100 metros de profundidad en propiedades suaves.

Torre de dos cuerpos:

- Diseñada para ser empleada en áreas que disponen de autos chicos para el transporte.
- Apropiada para terrenos con características areno-arcillosas, y puede ser utilizada también en terrenos conglomerados sin grandes rocas.
- Capacidad para perforar a profundidades de hasta 100 metros en hectáreas blandos.

Características de pozos

- **Diseño y construcción:** Utilización de material localmente accesible, diseño de tramos óptimos por medio del cálculo de estructuras, acceso a normas técnicas constructivas.
- **Operación:** Realizada manualmente, con montaje y desmontaje sencillos mediante la utilización de un instrumento complementario, requiere un mínimo de personal.
- **Mantenimiento:** Se reduce a mínimos y se limita a lo siguiente: limpiado de los componentes tras perforar, lubricación del engranaje helicoidal, las juntas y los retenes, y comprobación de desgaste de la columna de perforación y las brocas.
- **Experiencias Exitosas:** Con la ayuda de ADRA-PERU, el prototipo de tres cuerpos se probó con gran éxito en Puno (Perú), donde se perforaron 22 pozos a

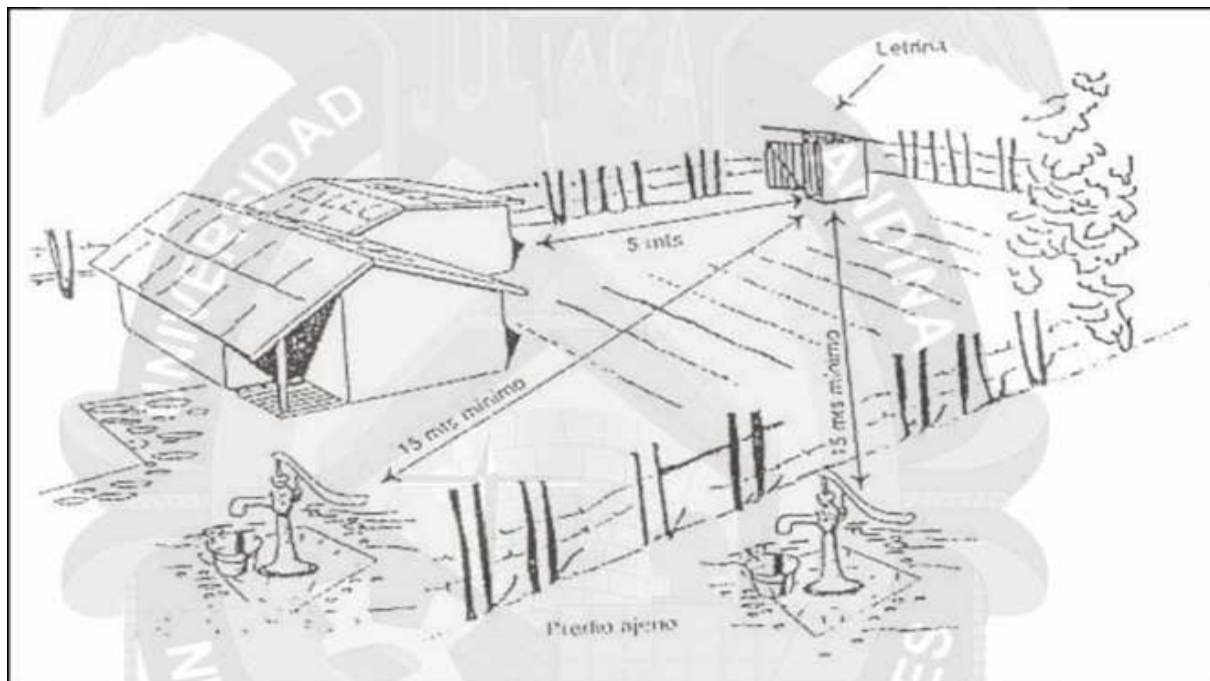


profundidades medias de 25 m y se alcanzaron niveles de excavación de unos 6 m por hora.

Componentes de pozos

- **Torre de perforación:** Tres cuerpos redondos de aluminio A-53 S y 2 o 3 bases de 1,30 m de longitud c/u Un único ángulo A-36 S L de aluminio Un soporte completo con pernos para barra de acero A-53 S.
- **Tubería de perforación:** Se compone de 30 tubos de hierro cubierto de 3/4" de diámetro y dos metros de longitud, con roscas en unión simple y extremo.
- **Manija:** El mango, fabricado de hierro galvanizado, mide 1/4" de radio y posee distancia de 0.50 m, cuenta con un centro de dispositivo articulado que facilita acoplar los bordes de tuberías de excavación, facilitando su rotación.
- **Broca de perforación:** Edificada en A-36 de acero, diseñada según la clase de suelo a excavar.
- **Bomba de lodos:** Tiene un cuello de 2" de diámetros hecho de tubo de galvanización, y una manguera de plástico de 6 metros lo une a la pipa de excavación.
- **Accesorios:** un cable de nailon de 35 metros utilizado para arrastrar las tuberías de las perforaciones con ayuda de poleas y sostener el arriostamiento de la torre. Para fijar los soportes de la torre al suelo, se utilizaron 4 palos de acero estructurales de 1" para 0,60 m. Una placa de metal cortada en U, que permitirá retirar más fácilmente las tuberías una vez perforado el pozo. Una herramienta de atornillado para facilitar la construcción y el desmontaje del cuerpo de la plataforma.

Figura 1. Ubicación de pozo y letrinas



FUENTE: Prieto et al. (2004), el agua, sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, conservación y control. Importancia de aguas subterráneas. ECOE ediciones.

2.3. Marco conceptual

- **Aguas subterráneas:** Las aguas subterráneas contiene una parte sustancial de la masa hídrica que se encuentra en el continente, se almacenan en los acuíferos que se encuentran en el subsuelo terrestre. Los pozos constituyen el medio principal para acceder a las reservas de este recurso (Annapoorna & Janardhana, 2015).
- **Calidad de agua:** Por su función, se considera apropiada para el uso doméstico con una depuración y tratamiento mínima. Se asocia a niveles elevados de precipitación en el clima, que modifican las características químicas, físicas y bacterianas del agua (Zhen-Wu, 2010).
- **Coliformes totales:** Son bacilos gramnegativos que pueden ser tanto anaerobios como aerobios, no forman esporas. El grupo de los coliformes incluye diversos géneros, como, Enterobacter, Escherichia Citrobacter, Klebsiella, etc.



- **Coliformes fecales:** Las bacterias fecales son bacilos Gram negativo no esporuladores que originan la fermentación de la lactosa a 44,5°C, con generación de gas y ácido y pertenecen al grupo más amplio de los coliformes.
- **Parámetros físicos:** Son residuos, sólidos, color, sabor y olor, turbiedad, y temperatura.
- **Parámetros químicos:** Constituyen las grasas y aceites, alcalinidad, conductividad eléctrica, sodio, cloruros, sulfatos, pH y dureza.
- **Parámetros bacteriológicos:** Son todas aquellas Algas bacterias (coliforme y total y termotolerante), protozoos, recuento heterotrófico, helmintos patogénicos y virus.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de investigación

La investigación se enmarca en el enfoque cuantitativo aplicada, ya que representa la serie de métodos instituidos de manera consecutivo, para probar ciertos supuestos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Así pues, para el estudio se recabó información de las pruebas de laboratorio relacionadas con los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

3.2. Tipo de investigación

El estudio es de tipo descriptivo explicativo, según Cuffney et al. (2019), este tipo de investigaciones recogen datos, caracterizan fenómenos y, posteriormente, determinan las causas y posibles efectos de los sucesos examinados.

3.3. Diseño de la investigación

El estudio se ajusta al diseño experimental, dado que el procedimiento se lleva a cabo de forma controlada y objetiva con el fin de conocer el impacto que una variable o elemento tiene sobre otro (Hernández et al., 2014). De este modo, en la pesquisa se observaron las concentraciones de parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos obtenidos en laboratorio ante los estándares de calidad ya establecidos.



3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

3.4.1. Técnica

Para determinar la calidad del agua subterráneo para uso doméstico, se utilizó la técnica de ficha de registro y la observación, ya que los datos se obtuvieron en el laboratorio en cumplimiento del uso y aplicación del protocolo.

3.4.2. Instrumento

Para recolectar datos se empleó como instrumento: equipos, materiales y pruebas de laboratorio, con el fin de conocer la calidad del recurso hídrico subterráneo.

- Ficha de registro
- Análisis en laboratorio

Materiales

- Probetas
- Cooler
- Frasco de vidrio
- Reactivos
- Matraz de Erlenmeyer
- Pipetas graduadas
- Pera de succión para pipetas
- Vasos precipitados
- Manijas quirúrgicas
- Cubre boca
- Pluma indeleble
- Papel toalla ente otros.

Equipos

- pH metro
- GPS
- Balanza analítica
- Multiparámetro
- Congeladora
- Computadora y
- Cámara fotográfica.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población para el presente estudio son todos los pozos empleados como fuente de agua potable de la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca.

3.5.2. Muestra

La muestra para la presente investigación se considera de cinco (5) pozos ubicados en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca. Haciendo uso del muestreo no probabilístico por conveniencia.

Tabla 4. *Viviendas con pozos domésticos de agua subterráneas seleccionadas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca.*

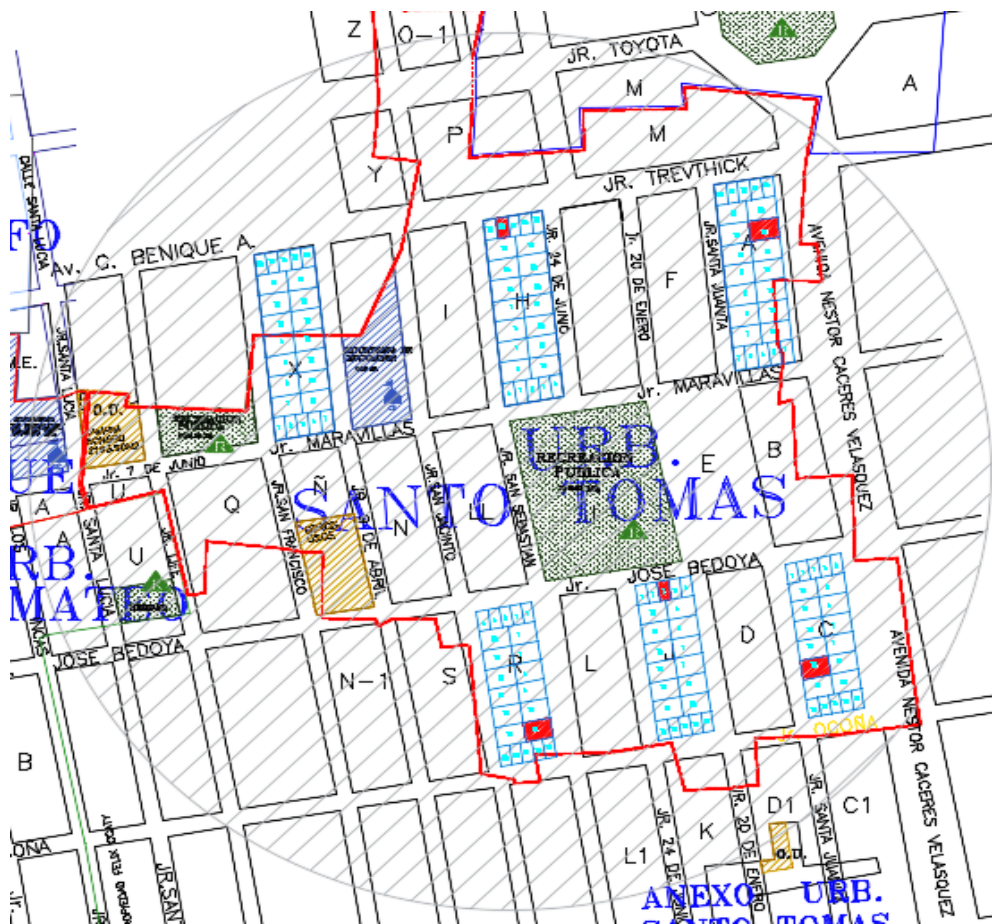
| N° | Descripción | Manzana | Lote | Caract. Lote |
|----|------------------------------|---------|------|--------------|
| 1 | Av. Néstor Cáceres Velásquez | A | 19 | Vivienda |
| 2 | Jr. Trevthick | H | 14 | Vivienda |
| 3 | Jr. San Sebastian | R | 11 | Vivienda |
| 4 | Jr. José Deboya | J | 3 | Vivienda |
| 5 | Jr. Santa Juanita | Z | 18 | Vivienda |

Fuente: Elaboración propia – Mayo, 2024.

3.6. Ubicación de la zona de estudio

La Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca se sitúa en el distrito de Juliaca, provincia San Román, en las E 15.4652700 – N 70.1447800.

Figura 2. Ubicación del punto de muestreo de los pozos en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca.



3.7. Procedimiento metodológico de extracción de muestras

3.7.1. Procedimiento para el objetivo específico 1

Se considero 5 pozos, los cuales fueron verificados a través de una ficha de registro obteniendo datos de las característica y componente estructural del pozo.

Verificación de características de pozos seleccionados

- Se verificó la medida del diámetro de los pozos
- Se ejecutó la medida del calado de la napa freática



- Se ejecutó la medida de la profundidad de los pozos
- Se registró la distancia de la letrina y el pozo.
- Se verificó si aplica alguna clase de técnica de cloración.

Verificación de característica estructural

- Se verificó la estructura de excavaciones de tierra
- Se verificó la instalación de aro de tubular
- Se cotejó el estado en el que se halla el componente del pozo y el material.

3.7.2. Procedimiento para el objetivo específico 2 y 3

Se ha empleado pasos generales (preparación, limpieza, ubicación, extracción, volumen muestral, etiqueta y transporte y acopio) considerados en el Protocolo Nacional de Monitoreo de Recursos Hídricos para el muestreo de cada pozo:

- Para realizar la muestra de cada punto de pozo, primero se realizó el preparativo del material y aparatos a utilizar.
- Para el muestreo se emplearon frascos de cuello ancho limpios y desinfectados
- Se ubicó en los puntos de muestra, para su posterior extracción de agua de pozo.
- Se determinó el volumen de muestra den base al parámetro inspeccionado.
- La muestra de agua recolectada se etiquetó y fue transportado y almacenado en un frigorífico, garantizando óptimas condiciones para su evaluación en el laboratorio.

Los parámetros analizados se realizaron tomando en cuenta los criterios establecidos en el D.S. 031-2010 SA, las mismas que fueron utilizadas para comparar con los resultados.



Parámetros físico-químicos

- Turbidez
- pH
- Temperatura.
- Dureza total
- Conductividad
- Cloro residual
- Sulfatos
- Sólidos totales disueltos,
- Nitratos,

Parámetros bacteriológicos

- Coliformes totales
- Coliformes fecales

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Describir las características y componentes estructurales de los pozos domésticos construidos, para el abastecimiento de las aguas subterráneas para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás

En la investigación se realizó el muestreo de 5 pozos en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca, georreferenciadas con las coordenadas siguientes:

Tabla 5.

Coordenadas de los pozos puntos de muestreo

| Código | Sector | Coordenadas | fecha | Hora |
|--------|---|--------------------------------|------------|-------|
| M – 1 | Av. Néstor Cáceres Velásquez/ Urb. Sant. T./Juliaca | E 15.4652700 – N 70.1447800 | 13/05/2024 | 08:00 |
| M – 2 | Jr. Trevthick/ Urb. Sant. T./Juliaca | E 15.4652700 – N 70.1447800 | 13/05/2024 | 08:30 |
| M – 3 | Jr. San Sebastian / Urb. Sant. T./Juliaca | E 15.4649400 – N 70.1404900 | 13/05/2024 | 09:00 |
| M – 4 | Jr. José Deboya/ Urb. Sant. T./Juliaca | E 15.4658300 – N 70.1412500 | 13/05/2024 | 09:30 |
| M – 5 | Jr. Santa Juanita/ Urb. Sant. T./Juliaca | E 15.4667000 – N 70.1401900 | 13/05/2024 | 10:00 |

Nota: elaboración propia

Los componentes estructurales y características de pozos artesianos en la Urbanización Santo Tomas, se verificó mediante una ficha de registro que se realizó en 2 partes: en primer



lugar, se identificaron los procedimientos constructivos y, en segundo lugar, se identificaron las construcciones de los pozos. Estos hallazgos señalan que:

a) Descripción de procesos constructivos de los pozos

Durante el trabajo de campo se observó que la Urbanización Santo Tomas no cuenta con servicios básicos de saneamiento, ante ello, se han excavado pozos artesianos con el propósito de extraer recurso hídrico subterráneo para uso humano. De acuerdo a la ficha de registro, cada vivienda tiene su propio pozo para proveerse de agua. Asimismo, los pozos muestreados, en su mayoría están situados a una distancia mínima de 5.20 m de las letrinas utilizadas para hacer sus necesidades. En consecuencia, se espera contaminación de las fuentes de recurso hídrico subterráneo por coliformes totales como fecales, según lo evidencian los resultados de laboratorio obtenidos.

Por otro lado, los pozos están hechos a mano con herramientas como palas y picos, u ocasionalmente con cubos de arena. Son poco profundos y se utilizan en zonas donde la capa freática está a menos de 3,20 m por debajo de la superficie. Su ventaja principal es que son fáciles de construir con medios artesanales, y el enorme diámetro del pozo ofrece una reserva de cantidades considerables de recursos hídricos subterráneos.

b) Construcción de pozos para la extracción de agua subterráneo

La profundidad de un pozo normalmente es de 3.20 – 5.20 mt., con un diámetro mínimo de 1.20 – 1.50 mt.; es un espacio necesario para que las personas puedan trabajar; en suelos poco sólidos, en particular, es importante el revestimiento de los pozos con anillos de ladrillo, piedra, cemento o prefabricados que se colocan durante el proceso de excavación para evitar que las paredes se derrumben o resbalen. Estas excavaciones se bloquean o se cubren a lo largo del desarrollo de la perforación; sólo se abren una vez que la excavación está completa y se alcanza el acuífero o el nivel

freático cercano. La perforación es poco profunda, mide menos de 5,20m de profundidades.

Respondiendo a la pregunta ¿Cuáles son las características y componentes estructurales de los pozos de agua subterráneo para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno? Se presenta la siguiente tabla:

Tabla 6.

Características y componentes estructurales de los pozos de agua subterráneas seleccionadas en la Urbanización Santo Tomás.

| N° | Ubicación | Mz | Lt | Características geométricas | | | Estructura interior |
|-----|-----------------------|----|----|-----------------------------|--------|------------|---------------------|
| | | | | Diámetro | Altura | Prof. N.F. | |
| M-1 | Av. Nést. Các. Velás. | A | 19 | 1.50 | 5.20 | 2.90 | Vivienda |
| M-2 | Jr. Trevthick | H | 14 | 1.20 | 3.50 | 2.00 | Vivienda |
| M-3 | Jr. San Sebastian | R | 11 | 1.40 | 4.00 | 2.20 | Vivienda |
| M-4 | Jr. José Deboya | J | 3 | 1.30 | 3.90 | 2.15 | Vivienda |
| M-5 | Jr. Santa Juanita | Z | 18 | 1.50 | 4.80 | 2.50 | Vivienda |

Nota: Ficha de registro – Mayo, 2024.

Interpretación

La Tabla 6, muestra que los cinco pozos para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás, contruidos artesanalmente por los habitantes, tienen diámetros que varían entre 1.20 y 1.50 metros y profundidades entre 3.20 y 5.20 metros, con interiores de tierra. Estas características técnicas sugieren que, aunque son adecuados para obtener agua subterránea, la construcción artesanal y la falta de revestimiento impermeable pueden aumentar el riesgo de contaminación por agentes superficiales, destacando la necesidad de monitorear la calidad del recurso hídrico y mejorar la infraestructura para asegurar su seguridad y potabilidad.



Prueba de hipótesis

- **Hipótesis Ho (Nula):** Los componentes estructurales y características de los pozos de aguas subterráneas para consumo humano no se encuentran en pésimas condiciones en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.
- **Hipótesis Ha (Alternativa):** Los componentes estructurales y características de los pozos de aguas subterráneas para consumo humano no se encuentran en pésimas condiciones en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.

En cuanto a los componentes estructurales y características de los pozos, los datos mostrados señalan que no se encuentran en buenas condiciones. Esto implicaría que la construcción artesanal y la falta de revestimiento impermeable pueden aumentar el riesgo de contaminación por agentes superficiales. Estos resultados aportan pruebas sólidas que apoyan la hipótesis alternativa planteada.

Discusión de resultados

Ante los resultados, el Ministerio de Agricultura, señala que la excavación y los pozos profundos de los recursos hídricos subterráneos requieren una autorización previa de conformidad con la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos. Esta ley estipula que el diámetro menor de la tubería de revestimiento de un pozo profundo debe ser al menos 8 cm mayor al diámetro externo. También estipula que el encofrado del pozo cavado debe tener anillos ciegos de hormigón deslizantes o fijos, alcanzando el nivel estático, y abertura por debajo del mismo. Durante la construcción de pozos deberá tenerse en cuenta una escalerilla para acceder al fondo, con el fin de facilitar el mantenimiento y la limpieza, y para una posible mejora de la profundidad futura. En contraste, el diámetro de un pozo cavado deberá ser de 1,50 cm, y la profundización deberá establecerse midiendo el nivel de la napa estática. Asimismo, de acuerdo al el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria – CEPIS, la distancia entre el pozo y la letrina debe ser de 20 metros. En este sentido, se constata que los pozos domiciliarios de la Urbanización Santo Tomas que fueron hechos para uso humano



de los recursos hídricos subterráneos se encuentran en un estado inadecuado tanto en Prof. N.F. y diámetro. Ante esto, se coincide con la hipótesis propuesta en la característica y componente estructural de pozos cimentados para el uso humano de recursos hídricos subterráneos se hallan en pésimas situaciones en la Urb. Santo Tomas. también se determinó que la presencia de una letrina implica un riesgo de contaminación microbiológica al recurso hídrico subterráneo.

4.2. Determinar los parámetros físico-químicas de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.

Respondiendo a la pregunta ¿Cómo se encuentra los parámetros físico-químicas de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno? se desarrolla la siguiente Tabla:

Tabla 7.

Resultados totales obtenidos del Parámetro físico-químicos de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás.

| Parámetros | Unidad de medida | L.M.P. | M – 1 | M – 2 | M – 3 | M – 4 | M – 5 |
|---------------------------|------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | | D.S. 031-2010 SA | | | | | |
| Turbidez | NTU | 5 | 1 | 1,68 | 7,77 | 1,54 | 0,847 |
| Potencial de Hidrógeno | pH | 6.5 – 8.5 | 6,424 | 6,455 | 6,65 | 6,484 | 6,716 |
| Conductividad Eléctrica | uS/cm | 1500 | 628 | 783 | 803 | 649 | 1286 |
| Solidos totales disueltos | mg/l | 1000 | 301 | 376 | 386 | 311 | 623 |
| Salinidad | % | - | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,6 |
| Temperatura | °C | 0 | 14,8 | 14,5 | 13,7 | 14 | 14,1 |
| Dureza total | mg/l | 500 | 300 | 365 | 340 | 245 | 385 |
| Cloruros | mg/l | 250 | 65 | 90 | 50 | 70 | 55 |
| Sulfatos | mg/l | 250 | 40 | 100 | 150 | 60 | 400 |
| Nitratos | mg/l | 50.00 | 10,184 | 19,926 | 10,184 | 11,956 | 6,642 |

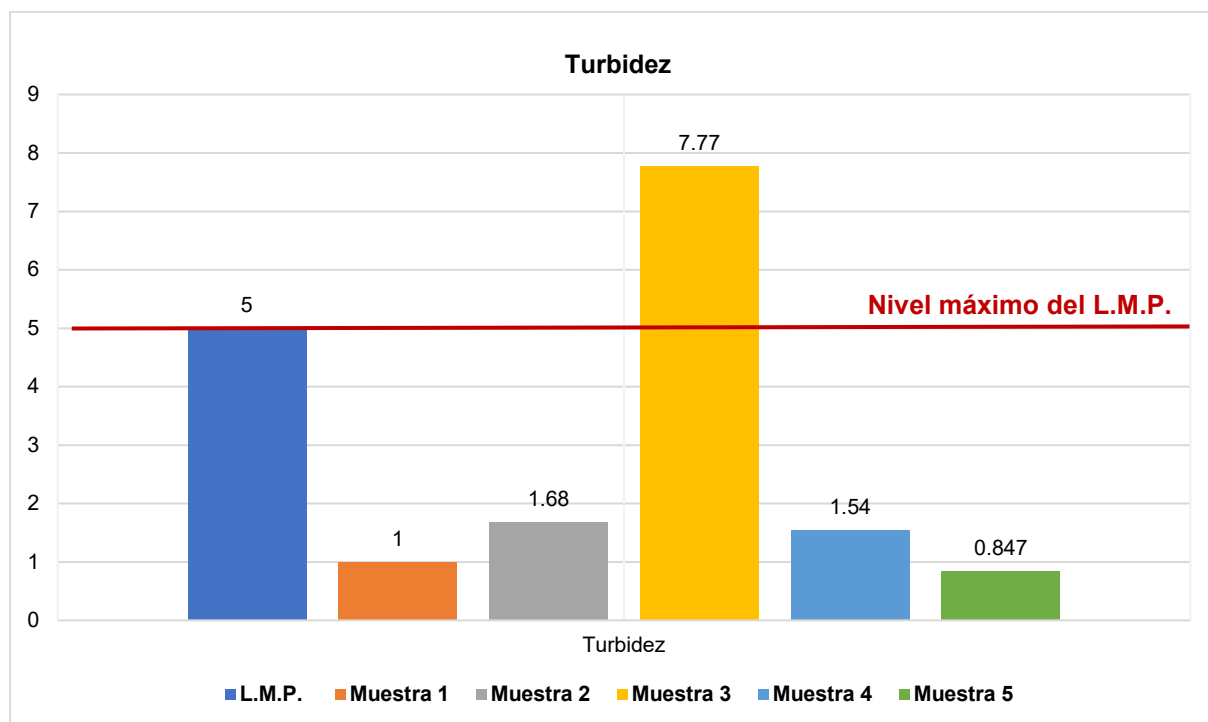
Nota: Laboratorio de Calidad Ambiental

Interpretación

La Tabla 7 analiza el parámetro físico-químicos de cinco muestras de agua subterránea en la Urbanización Santo Tomás. Los resultados muestran que la turbidez es apropiada para el uso humano en 4 de los 5 pozos (M-1=1NTU; M-2=1.68NTU; M-3=7.77NTU; M-4=1.54NTU y M-5=0.847NTU). En cuanto a los parámetros de Potencial de hidrógeno (M-1=6.424pH a M-5=6.716pH), Conductividad eléctrica (min 628uS/cm; máx. 1286uS/cm), Sólido total disuelto (M-1=301mg/l a M-5=623mg/l) y Dureza total (min. 300mg/l; máx. 385mg/l) todos los valores señalan que es óptima el agua para la potabilización en las cinco muestras. Sin embargo, los niveles de Cloruros (min 50mg/l; máx. 90mg/l;), Sulfatos (min 40mg/l; máx. 400mg/l), y Nitratos (min 6.642mg/l; máx. 19.928mg/l), revelan que, aunque cuatro muestras son aptas para el consumo, la quinta muestra excede los LMP para estos compuestos, indicando que no es segura para el uso doméstico.

Figura 3.

Diagrama de barra de la Turbidez de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 del agua subterráneo de la Urbanización Santo Tomás.

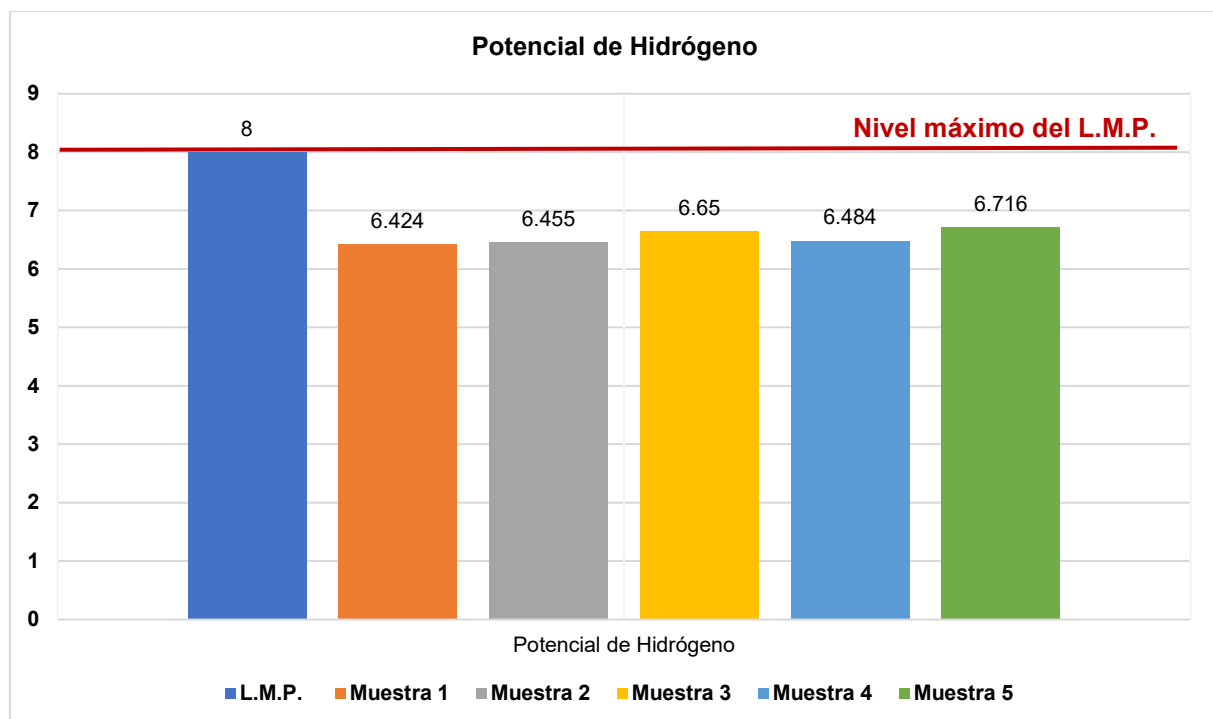


Fuente: en base a los resultados hallados en laboratorio, mayo - 2024.

La Figura 3, presenta el diagrama de barra de la Turbidez de las muestras 1, 2, 3, 4, y 5, donde, el análisis de la **Turbidez**, en las muestras de recursos hídricos subterráneos de la Urb. Santo Tomás, muestra que los valores en las muestras 1, 2, 4 y 5 oscilan entre **0.847** y **1.68 NTU**, estando dentro del valor establecido en los Límites Máximos Permisibles (LMP) que es de **5 NTU**. Por ende, el agua de estas muestras es óptima para el uso humano en términos de turbidez. Sin embargo, la muestra 3 presenta un valor de turbidez de **7.77 NTU**, que supera el LMP, indicando que el recurso hídrico de esta muestra no es recomendable para el uso doméstico debido a la alta turbidez, que puede estar asociada a la presencia de partículas suspendidas y microorganismos potencialmente nocivos.

Figura 4.

Diagrama de barra del Potencial de Hidrógeno de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 del agua subterráneo de la Urbanización Santo Tomás.



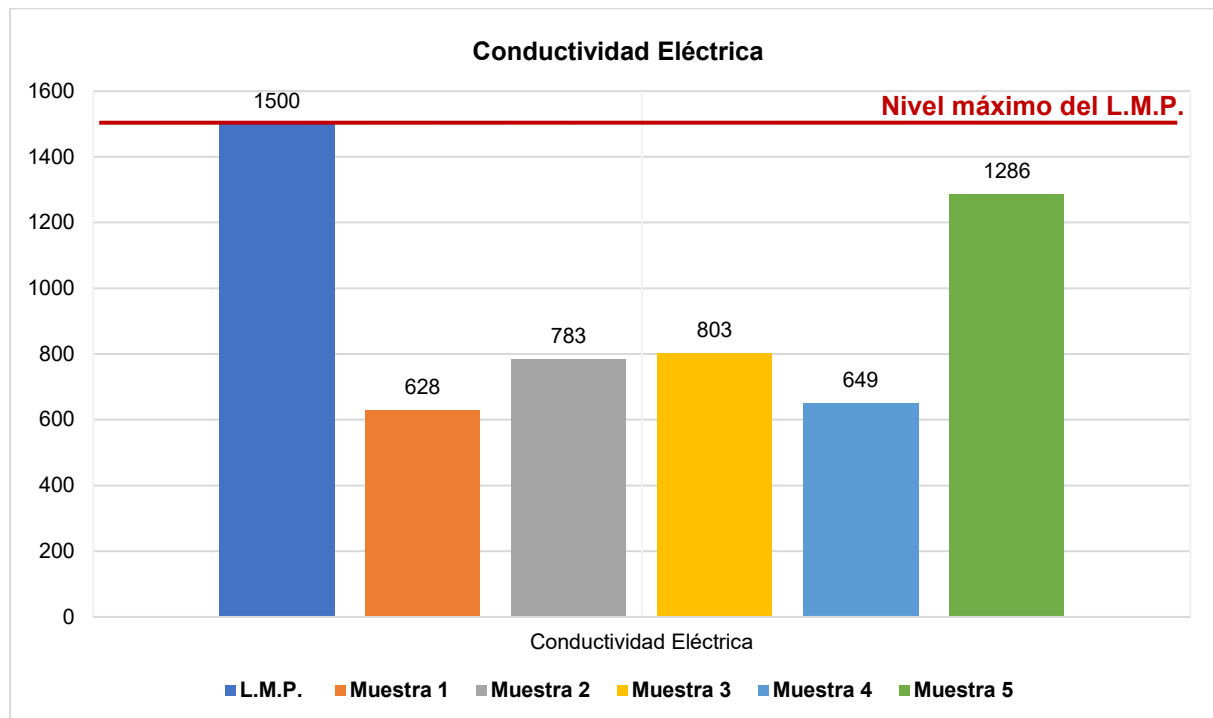
Fuente: en base a los resultados obtenidos en laboratorio, mayo - 2024.

La Figura 4, presenta el diagrama de barra del Potencial de hidrógeno de las muestras 1, 2, 3, 4, y 5, donde, el análisis de las concentraciones del **Potencial de Hidrógeno** (pH) en las

muestras de aguas subterráneas de la Urbanización Santo Tomás muestra que todas las muestras (1, 2, 3, 4 y 5) tienen valores de pH que oscilan entre **6.424 y 6.716**. Estos resultados están dentro del valor establecido por los LMP que es 6.5 – 8.5 (pH). Por lo tanto, el pH en todos los puntos de muestreo se considera óptimo para el uso humano, indicando que el agua no exhibe problemas de acidez o alcalinidad que puedan afectar su potabilidad.

Figura 5.

Diagrama de barras de la Conductividad Eléctrica de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 del agua subterráneo de la Urbanización Santo Tomás.



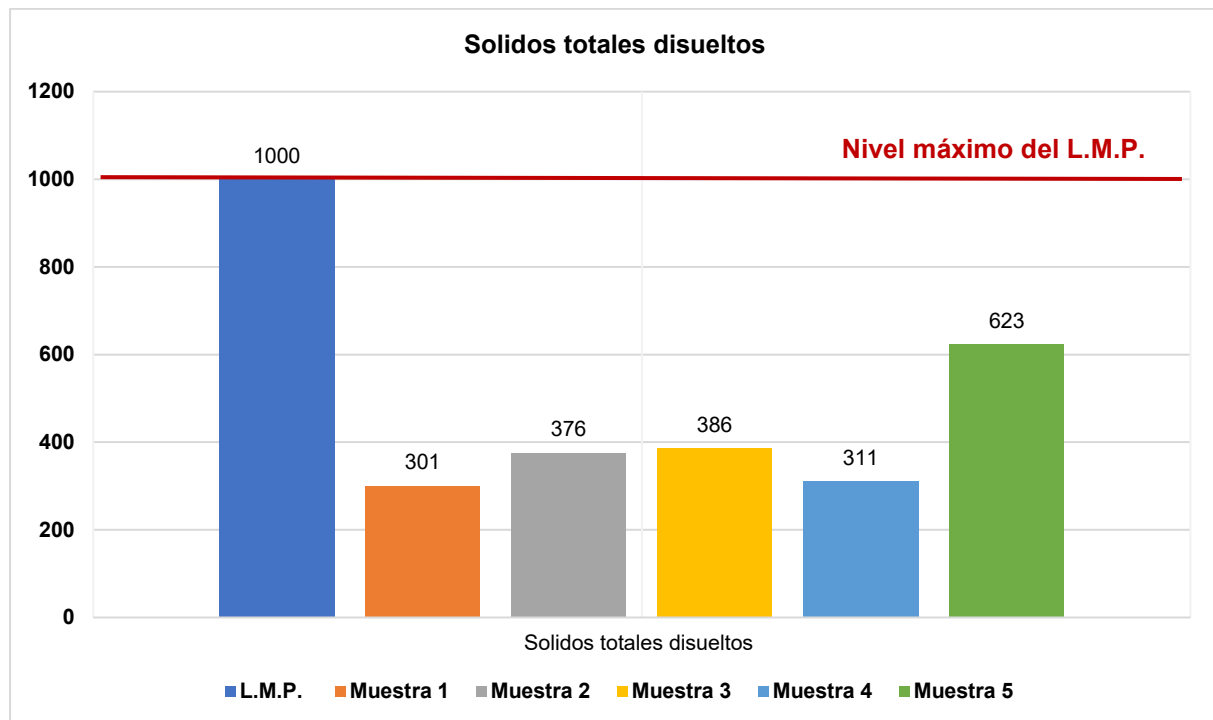
Fuente: en base a los resultados hallados en laboratorio, mayo - 2024.

La Figura 5, presenta el diagrama de barra de la Conductividad eléctrica de las muestras 1, 2, 3, 4, y 5, donde, el análisis de la **Conductividad Eléctrica** en la muestra de agua subterráneo de la Urbanización Santo Tomás, muestra que todas las muestras (1, 2, 3, 4 y 5) tienen valores que oscilan entre **628 y 1286 µS/cm**. Estas concentraciones se hallan debajo del límite máximo permisible que es de **1500 µS/cm** establecido en los L.M.P. Por ende, la conductividad eléctrica del recurso hídrico en todas las muestras se halla dentro de los niveles

aceptables y es óptima para el uso humano, indicando que la proporción de sales diluidas en el agua es adecuada y no supone un riesgo para la salud.

Figura 6.

Diagrama de barra de los Sólidos totales disueltos de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 del agua subterráneo de la Urbanización Santo Tomás.

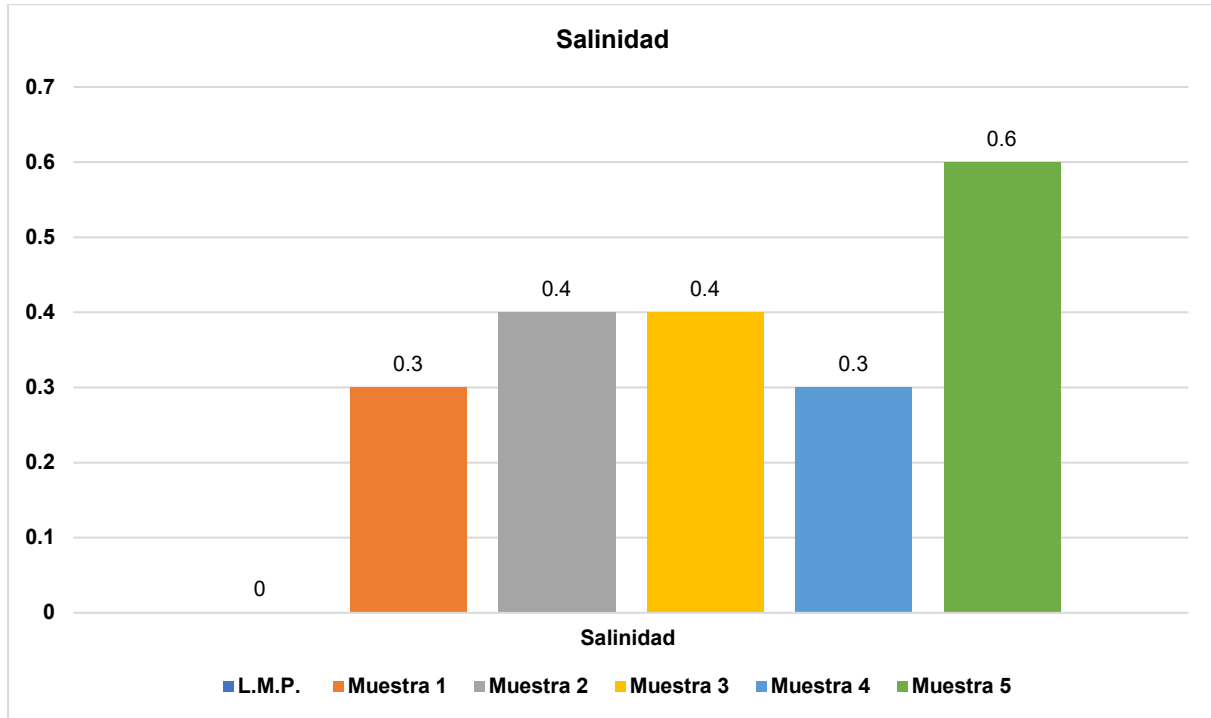


Fuente: en base a los resultados hallados en laboratorio, mayo - 2024.

La Figura 6, presenta el diagrama de barra de Sólido total disuelto de las muestras 1, 2, 3, 4, y 5, donde, el análisis de los **Sólidos Totales Disueltos** (TDS) en las muestras del agua subterráneo de la Urb. Santo Tomás indica que todas las muestras (1, 2, 3, 4 y 5) tienen valores que varían entre **301** y **623 mg/l**. Estos niveles de TDS en todas las muestras están dentro del nivel máximo permisible de **1000 mg/l** establecido por los L.M.P. Por lo tanto, es idóneo y son óptimos para el uso doméstico. Esto sugiere que las concentraciones de minerales y otras sustancias disueltas en el agua no representa un riesgo para el bienestar humano.

Figura 7.

Diagrama de barra de la Salinidad de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 del agua subterráneo de la Urbanización Santo Tomás.

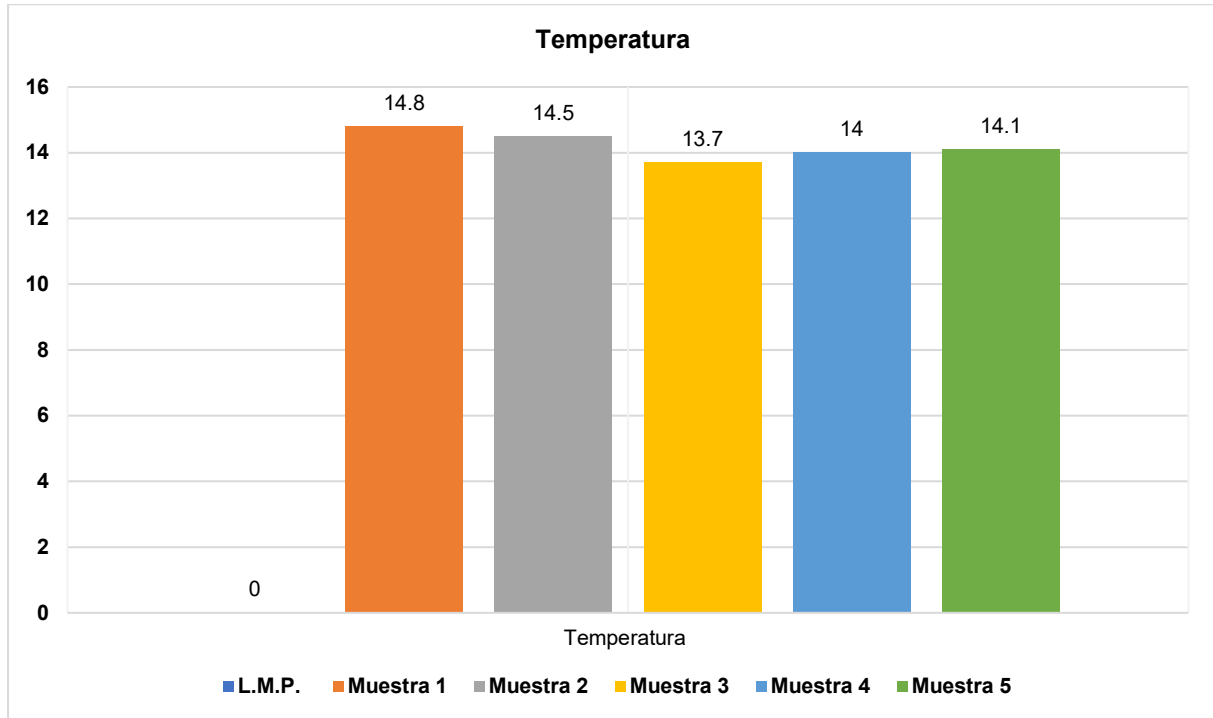


Fuente: en base a los resultados hallados en laboratorio, mayo - 2024.

La Figura 7, presenta el diagrama de barra de la Salinidad de las muestras 1, 2, 3, 4, y 5, donde, el análisis de **salinidad** en muestras de agua subterráneo de la Urb. Santo Tomás revela que los valores obtenidos en las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 varían entre **0.3%** y **0.6%**. Aunque no existe un valor específico establecido en los L.M.P., para la salinidad se considera 0% y generalmente se piensa que el agua con estos niveles de salinidad es apta para el uso doméstico. Estos resultados sugieren que las concentraciones de sales disueltas en el recurso hídrico no son excesivamente altas y no presenta riesgos significativos para el bienestar, por lo que el agua puede ser considerada segura para el uso humano en términos de salinidad.

Figura 8.

Diagrama de barra de la Temperatura de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 del agua subterráneo de la Urbanización Santo Tomás.

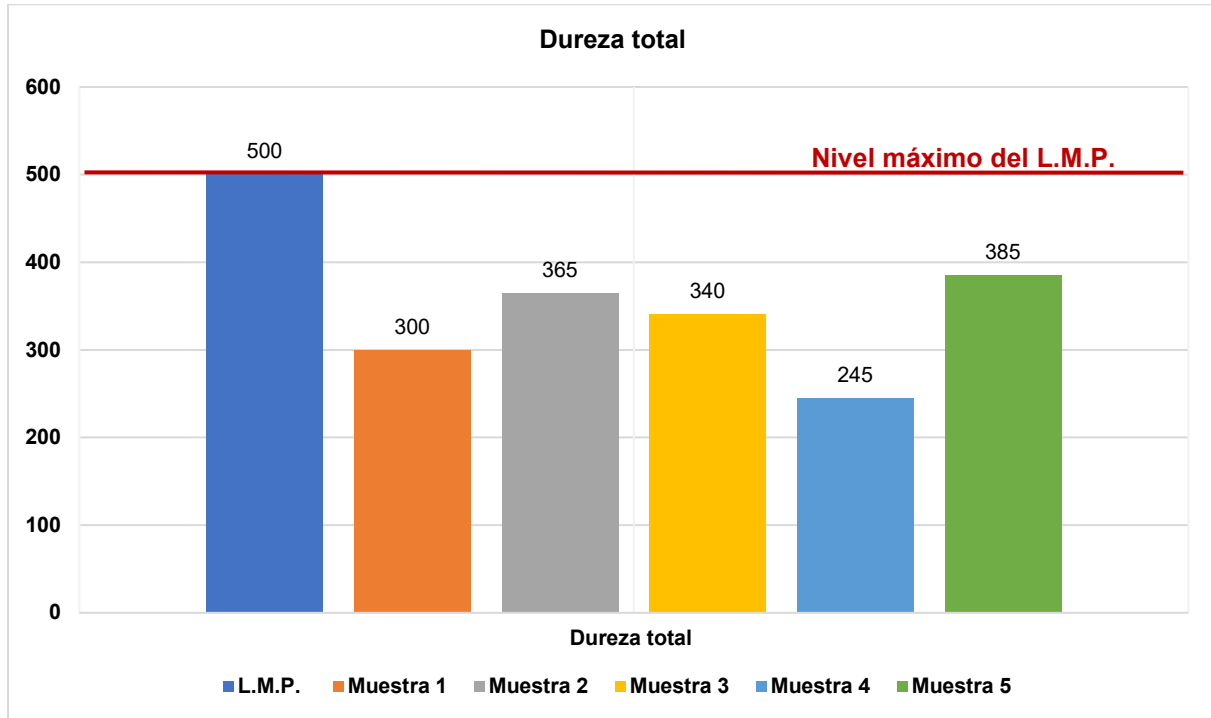


Fuente: en base a los resultados hallados en laboratorio, mayo - 2024.

La Figura 8, presenta el diagrama de barra de la Temperatura de las muestras 1, 2, 3, 4, y 5, donde, el análisis de **Temperatura** en muestras de agua subterráneo de la Urbanización Santo Tomás muestra que los valores obtenidos en las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 varían entre **13.7°C** y **14.8°C**. Aunque no existe un valor específico establecido en los L.M.P. para la temperatura, estas temperaturas están dentro de un rango generalmente aceptado como apto para el uso humano. Las temperaturas medidas señalan que el recurso hídrico es relativamente fresco, lo cual es favorable para el consumo y no supone ningún riesgo para el bienestar de las personas. Por lo tanto, en términos de temperatura, el agua puede considerarse segura y adecuada para el consumo humano.

Figura 9.

Diagrama de barra de la Dureza total de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 del agua subterráneo de la Urbanización Santo Tomás.

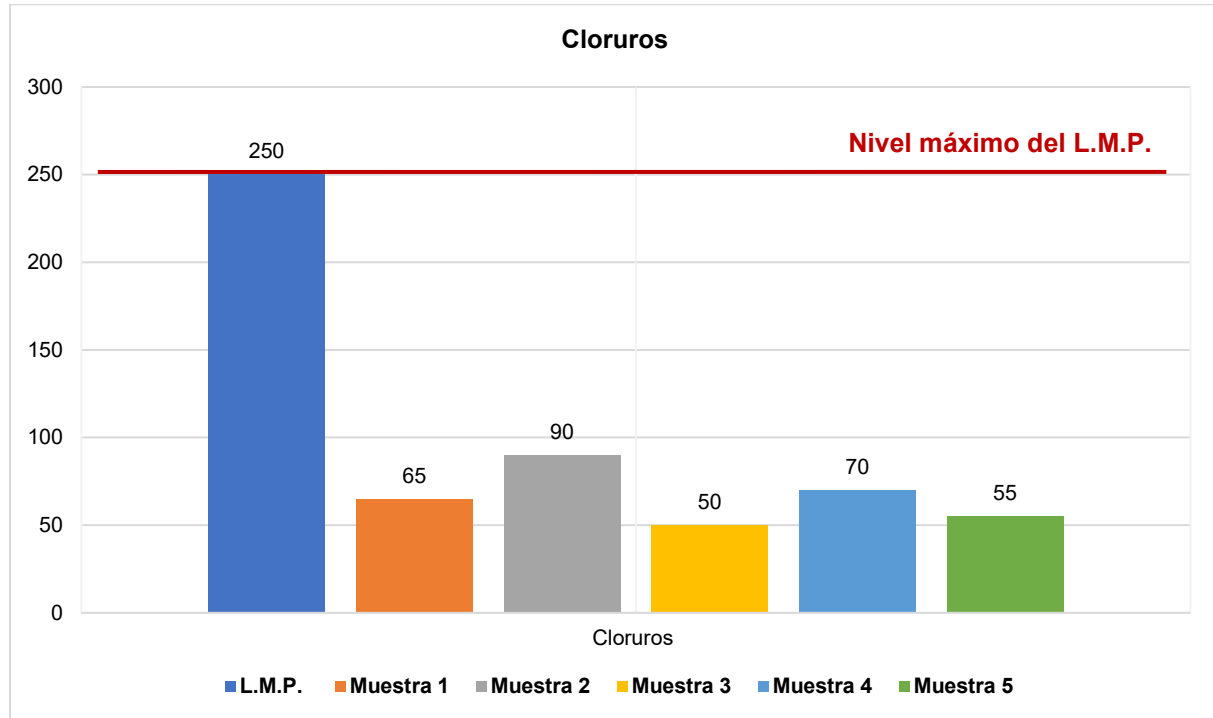


Fuente: en base a los resultados hallados en laboratorio, mayo - 2024.

La dureza total en el agua subterráneo es debido a la existencia de iones de magnesio y calcio. La Figura 9, presenta el diagrama de barra de la **Dureza total** de las muestras 1, 2, 3, 4, y 5, donde, el análisis de la Dureza Total en muestras de agua subterráneo de la Urbanización Santo Tomás indica que todas las muestras (1, 2, 3, 4 y 5) tienen valores que varían entre **245 y 385 mg/l**. Estos niveles se hallan por debajo del límite máximo permitido de **500 mg/l** establecido por los L.M.P. Por ende, la dureza del agua en todas las muestras se encuentra dentro de los niveles admisibles y es óptima para el uso doméstico. Esto sugiere que las concentraciones de minerales, como calcio y magnesio, está en niveles seguros y no presenta riesgos significativos para la salud ni problemas como formaciones de incrustación en sistemas de distribución de agua.

Figura 10.

Diagrama de barra de Cloruros de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 del agua subterránea de la Urbanización Santo Tomás.

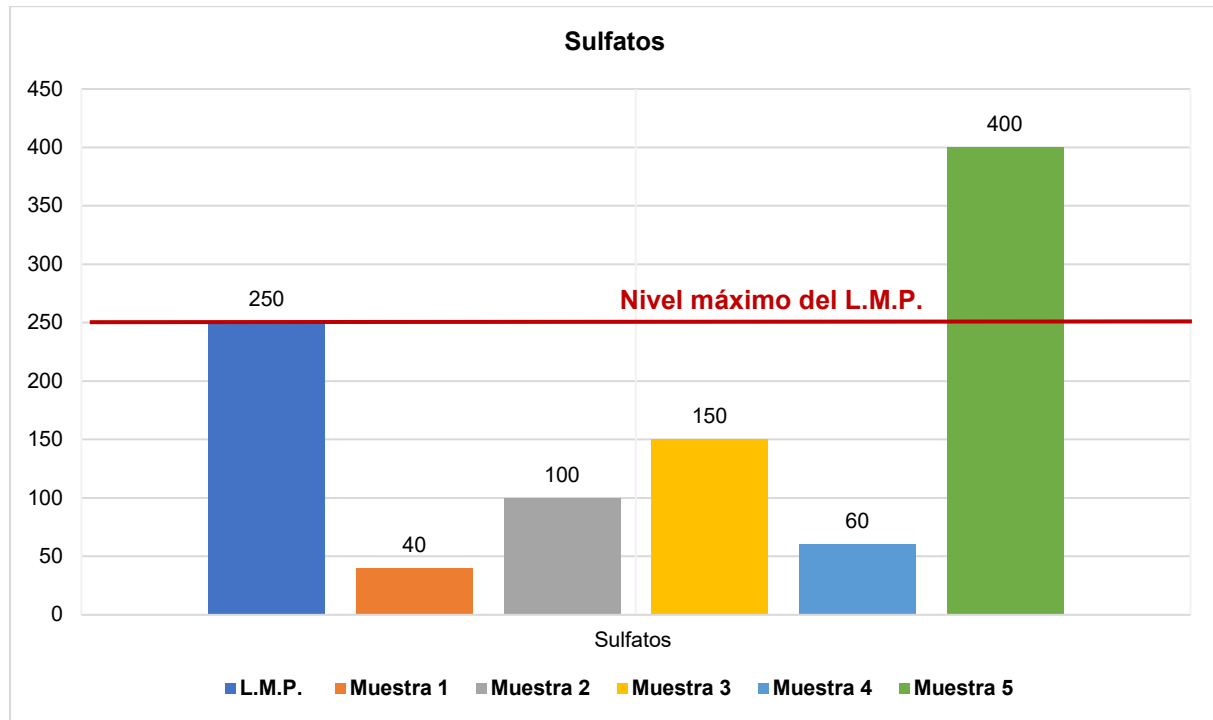


Fuente: en base a los resultados hallados en laboratorio, mayo - 2024.

La concentración de sales en el agua subterránea se mide en términos de cloruros. El valor recomendado de cloruro para agua potable es de 250 mg/l. La Figura 10, presenta el diagrama de barra de **Cloruros** de las muestras 1, 2, 3, 4, y 5, donde, El análisis de los niveles de Cloruro en las muestras de aguas subterráneas de la Urbanización Santo Tomás muestra que los valores obtenidos en todas las muestras (1, 2, 3, 4 y 5) están entre **65, 90, 50, 70 y 55 mg/l**. Estos valores se localizan por debajo de los niveles del LMP que es de **250 mg/l**. Por ende, la concentración de cloruro en todas las muestras es considerado óptima y segura para el uso doméstico de los individuos. Esta baja concentración de cloruro señala que el recurso hídrico no está contaminado con altas cantidades de sal y es adecuada para su potabilización sin riesgos para el bienestar de las personas.

Figura 11.

Diagrama de barra de Sulfatos de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 del agua subterránea de la Urbanización Santo Tomás.

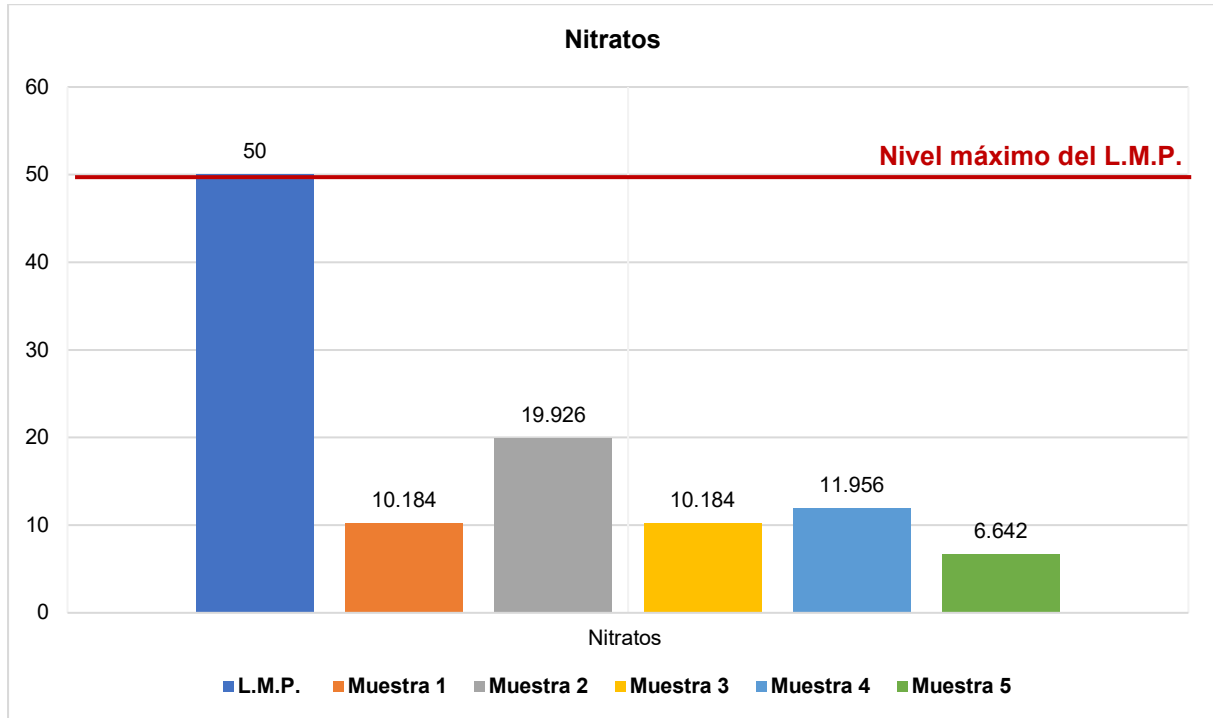


Fuente: en base a los resultados obtenidos en laboratorio, mayo - 2024.

Un sulfato es una forma de sales y cantidades excesivas de sulfato a menudo imparten salinidad al agua subterránea y dan mal sabor. La Figura 11, presenta el diagrama de barra de **Sulfatos** de las muestras 1, 2, 3, 4, y 5, donde, el análisis de los niveles de sulfatos en las muestras de aguas subterráneas de la Urbanización Santo Tomás muestra que en las muestras 1, 2, 3 y 4, los valores están dentro del rango de **40 a 150 mg/l**, lo cual se encuentra dentro del límite permisible (LMP) de **250 mg/l**. Por ende, estas los recursos hídricos de estas muestras son óptimos para la potabilización y uso doméstico en términos de sulfatos. Sin embargo, la muestra 5 presenta un valor de sulfatos de **400 mg/l**, lo cual excede significativamente el LMP. Esto indica que esta muestra no es recomendable para el uso humano debido a la alta concentración de sulfatos, lo cual podría tener efectos adversos para la salud y se recomienda evitar el consumo de la muestra 5 y buscar alternativas seguras de suministro de agua.

Figura 12.

Diagrama de barra de Nitratos de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de aguas subterráneas de la Urbanización Santo Tomás.



Fuente: en base a los resultados obtenidos en laboratorio, mayo - 2024.

La Figura 12, presenta el diagrama de barra de **Nitratos** de las muestras 1, 2, 3, 4, y 5, donde, El análisis de los niveles de Nitratos en las muestras de recurso hídricos subterráneos de la Urbanización Santo Tomás muestra que los valores hallados en las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 están dentro del rango de **6.642 a 19.926 mg/l**, señalando que se encuentra dentro del límite permisible (LMP) de **50.00 mg/l** establecido. Por ende, los recursos hídricos de estas muestras son óptimas para el uso humano en términos de nitratos.

Prueba de hipótesis

- **Hipótesis Ho (Nula):** Los parámetros físico-químicas de agua subterránea no se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.



- **Hipótesis Ha (Alternativa):** Los parámetros físico-químicos de agua subterránea se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.

Para el caso de los parámetros fisicoquímicos, los valores que se muestran indican que la mayoría de las concentraciones se encuentran dentro de los LMP establecido en el D.S. 031-2010 SA. Esto significaría que, el agua subterránea de los pozos muestreados es apta para el consumo humano. Estos resultados proporcionan evidencia sólida para validar la hipótesis alterna planteada.

Discusión de los resultados

Los hallazgos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos de cinco muestras de agua subterránea son: La Turbidez en las muestras 1, 2, 4 y 5 de aguas subterráneas oscilan entre 0.847 y 1.68 NTU, la muestra 3 presenta un valor de 7.77 NTU. El pH en las 5 muestras tiene valores que fluctúan entre 6.424 y 6.716. La CE en las 5 muestras poseen valores que fluctúan entre 628 y 1286 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los TDS en las 5 muestras tienen valores que varían entre 301 y 623 mg/l. la DT en las 5 muestras tienen valores que varían entre 245 y 385 mg/l. Los valores de cloruro oscilan entre 50 a 90 mg/l. los valores de Sulfato de las muestras 1, 2, 3 y 4 están dentro del rango de 40 a 150 mg/l y la muestra 5 presenta un valor de 400 mg/l. Los valores de Nitratos en las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 están dentro del rango de 6.642 a 19.926 mg/l. La mayoría de estos valores indican que el agua es óptima para el consumo. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Raheja et al. (2024) al demostrar que los valores de pH, SDT, CE, TH, cloro, temperatura, nitrato se hallan dentro del límite aceptable de la OMS y las BIS considerados aptos para agua potable. Asimismo, Gharahi et al. (2022) demuestra que la mayoría de las muestras de recurso hídrico subterráneo son aptas para beber. Por su parte Bidhuri y Khan (2022) demostraron que en la mayoría de las muestras de recurso hídrico el valor de pH y fluoruro (0.12 a 2.9mg/l) están dentro de los límites permisibles, sin embargo, los valores de cloruro y dureza total (311 y 1041mg/l) estuvieron por encima del límite



deseable, asimismo, se encontró concentración de sulfato que oscila entre 102 y 553mg/l y nitrato que variaron de 0,31 a 38 mg/l que está por debajo del límite aceptable. Por su parte Qureshi et al (2021) demostró que los valores de dureza total (1000–1760 mg/L) y cloruros (500–900 mg/L) son superior a los límites de la OMS, por lo que no son aceptables para el agua potable, pero, el pH (6 a 7,5) y Conductividad eléctrica (4 a 5 mS/cm) de todas las muestras estuvieron en el rango de las pautas de la OMS. Lora et al. (2024) también demostró que el color, pH, Fe, Al, Mn, As, Cs, Cu, Al, Pb no cumplen con el estándar de calidad y superan el límite permisible, llegando a concluir que el agua subterránea de las zonas de estudio no es idónea para el uso doméstico. Por su parte Adimalla et al. (2020), señala que, los valores de pH del agua subterránea son de naturaleza neutra a ligeramente alcalina y las concentraciones de fluoruro y nitrato superan los límites aceptables en 51% y 71%. Adamou et al. (2020) y Ibrahim et al. (2019) coinciden al señalar en su estudio que el pH es apto para el uso doméstico. Aguilar y Navarro (2018) también determinaron que la calidad de agua para uso humano es apto ya que los parámetros físicos no exceden los LMP del DS N° 031-2010-SA. Curo (2017) por su parte demostró que los parámetros fisicoquímicos se hallan dentro de los LMP a excepción de CE que tiene variaciones de rango de 2448.3µS/cm a 1554.3µS/cm, el sólido total disuelto fue de 1224.0 a 1045.3mg/l, cobre fue de 5.0 a 3.8mg/l, hierro fue de 1.2 a 0.9mg/l, los cuales superan a los niveles aceptables del LMP, señalando que los recursos hídricos de los pozos no son de una calidad excelente. Castillo et al. (2022) demostró que la concentración de parámetros físico-químicos superan los Límites aceptables en los tres sitios de muestreo. Por su parte Ávila (2024) encontró valores de los parámetros químicos que se hallan por debajo de los LMP, dureza (107.7 a 230.8 mg/L), alcalinidad (151.22 a 207.61 mg/L), cloruro (88.07 a 200.6 mg/L), sulfato (50.8 a 39.0 mg/L) y SDT (196.7 a 187.8 mg/L).

4.3. Determinar los parámetros bacteriológicos de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.

Respondiendo a la pregunta ¿Cómo se encuentra los parámetros bacteriológicos de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno? se desarrolla la siguiente Tabla:

Tabla 8.

Resultados totales obtenidos del Parámetro bacteriológicos de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás.

| Parámetros | Unidad de medida | L.M.P. D.S. 031-2010 SA | M – 1 | M – 2 | M – 3 | M – 4 | M – 5 |
|----------------------------|------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Coliformes totales | UFC/100ml) | 0 | 140 | 124 | 96 | 50 | 30 |
| Coliformes termotolerantes | UFC/100ml) | 0 | 2 | 32 | 2 | 6 | 8 |

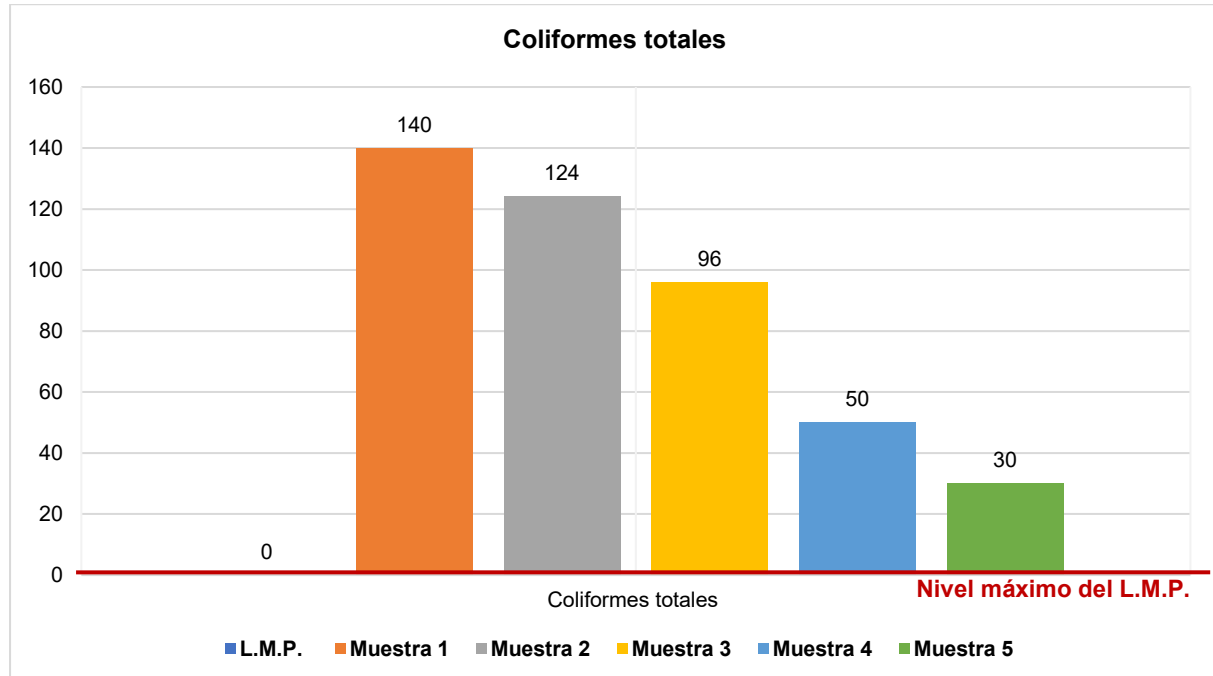
Nota: Laboratorio de Calidad Ambiental

Interpretación

En la Tabla 8, se observan los parámetros bacteriológicos de las cinco muestras de agua subterránea: Coliforme total (M-1=140UFC/100ml; M-2=124UFC/100ml; M-3=96UFC/100ml; M-4=50UFC/100ml y M-5=30UFC/100ml) y coliforme termotolerante (M-1=2UFC/100ml; M-2=32UFC/100ml; M-3=2UFC/100ml; M-4=6UFC/100ml y M-5=8UFC/100ml), estos valores indican que el recurso hídrico del pozo de las cinco muestras no es aceptable ni apta para el consumo humano.

Figura 13.

Coliformes totales de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 del agua subterránea de la Urbanización Santo Tomás.

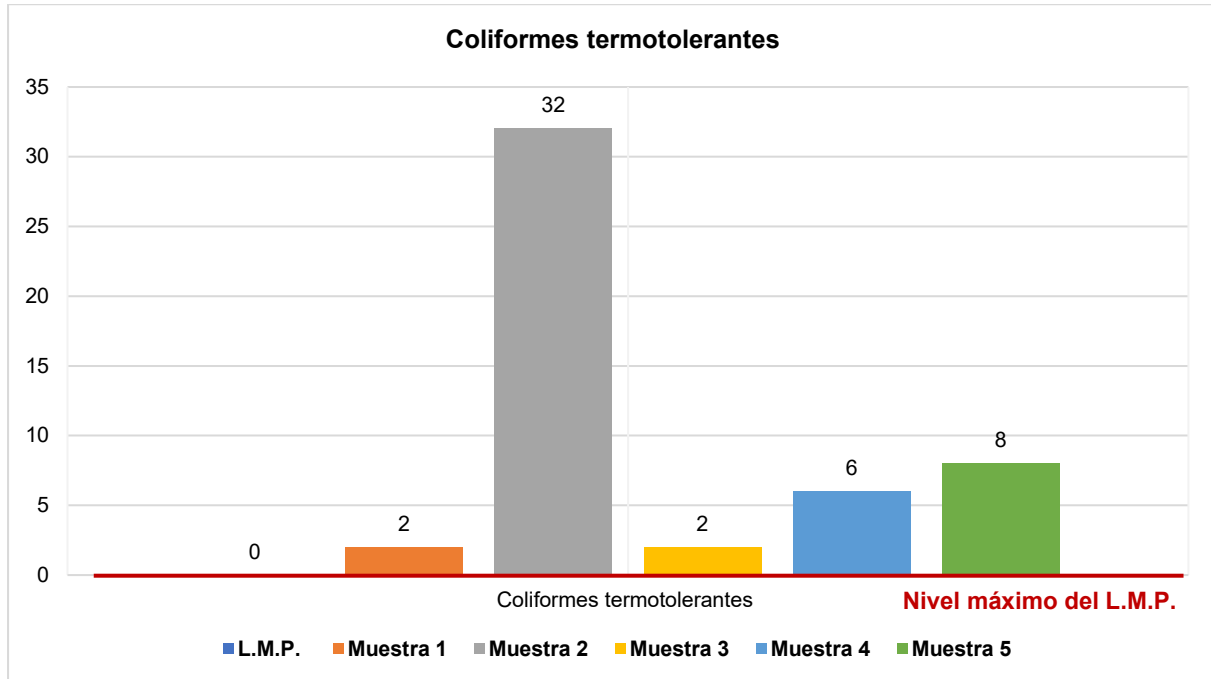


Fuente: en base a los resultados hallados en laboratorio, mayo - 2024.

El análisis de los resultados de la Figura 13, indica que las muestras de aguas subterráneas no cumplen con los estándares establecidos para coliformes totales, que deben ser 0 (UFC/100 ml) según los LMP. Los valores obtenidos para las cinco muestras de recursos hídricos subterráneos revelan conteos de coliforme total que varían entre 30 a 140UFC/100ml, lo cual sobrepasa significativamente el límite permitido. Este incumplimiento sugiere que las aguas están contaminadas con microorganismos que pueden ser indicativos de contaminación fecal y otros tipos de patógenos. En consecuencia, la existencia de coliformes totales en estos niveles implica que los recursos hídricos no son óptimas para el uso doméstico, por lo tanto, se recomienda tomar medidas correctivas, como tratar el agua para eliminar los contaminantes o buscar fuentes de agua alternativas para asegurar el bienestar y salud de la población que pueda depender de estas aguas para su consumo diario.

Figura 14.

Coliformes termotolerantes de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 de agua subterránea de la Urbanización Santo Tomás.



Fuente: en base a los resultados hallados en laboratorio, mayo - 2024.

En la Figura 14, se exhiben los valores de coliformes termotolerantes en las cinco muestras de aguas subterráneas varían entre 2UFC/100ml y 32UFC/100ml, estos resultados revelan que todas las muestras superan el límite permitido de 0 (UFC/100 ml). Por tanto, la existencia de coliformes termotolerantes, también conocidos como coliformes fecales, indica contaminación fecal, lo que sugiere que el recurso hídrico puede estar contaminada con patógenos que son peligrosos para la salud humana. En consecuencia, es esencial tomar medidas para tratar esta agua, como la desinfección mediante cloración, filtración o el uso de otros métodos de purificación para eliminar los contaminantes y asegurar que el recurso hídrico sea seguro para la potabilización y consumo humano.



Prueba de hipótesis

- **Hipótesis Ho (Nula):** Los parámetros bacteriológicos de agua subterránea no se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.
- **Hipótesis Ha (Alternativa):** Los parámetros bacteriológicos de agua subterránea se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.

Los valores mostrados en la Tabla 8, señalan que las concentraciones del parámetro bacteriológico no se ubican dentro de los Límites Permisibles instituidos en el D.S. 031-2010 SA. Esto representa que el agua subterránea en los pozos de muestra no es aceptable para el uso humano, lo que ocasionaría riesgos en la salud de los habitantes. En este caso se aceptamos la hipótesis nula planteada.

Discusión de los resultados

Los hallazgos obtenidos de los parámetros bacteriológicos de cinco muestras de agua subterránea son: Coliforme total (M-1=140UFC/100ml; M-2=124UFC/100ml; M-3=96UFC/100ml; M-4=50UFC/100ml y M-5=30UFC/100ml) y coliforme termotolerante (M-1=2UFC/100ml; M-2=32UFC/100ml; M-3=2UFC/100ml; M-4=6UFC/100ml y M-5=8UFC/100ml) los cuales indican que no son aceptables para el consumo humano. Estos resultados discrepan con los hallazgos de Ávila (2024) al señalar que en Paucarcolla los valores obtenidos de los parámetros microbiológicos se ubican por debajo de los LMP considerados aptos para el uso doméstico. Sin embargo, los valores hallados coinciden con los de Castillo et al. (2022) al demostrar que las concentraciones del parámetro microbiológico (Coliformes totales 28 a 2400NMP/100ml; coliformes fecales 10 a 1366.67NMP/100 ml) del agua no reúne las condiciones bacteriológicas aceptables, por lo que no son aptas para el consumo. Lora et al. (2024) también señala que los coliformes fecales y los coliformes totales (420,000 NMP/100ml) superan los límites de calidad en el 58% y el 89% de las muestras



analizadas en Colombia. Raheja et al. (2024) demostró que el 68,08% de las muestras de recurso subterráneo de los coliforme total y fecal sobrepasaron el límite reconocido para beber recomendado por la OMS. Por su parte Abdessamed et al. (2023) indica que el 87% de muestras de pozo respecto a los coliformes termotolerantes y coliformes totales excedían el límite establecido por la BIS y OMS. Asimismo, KimAnh y Thanh (2018) determinó que las concentraciones de los niveles de coliformes en todos los pozos de monitoreo fueron altos y excedieron el nivel permitido. Por su lado, Gharahi et al. (2022) señaló que los pozos de donde se extrajeron las muestras están contaminadas bacteriológicamente y no son adecuadas para el uso humano. De manera similar Soriano (2018) en sus hallazgos señaló que la calidad del recurso hídrico subterráneo en los 3 sitios de muestreo no es admisible, debido a la existencia exuberante del coliforme termotolerante y total, los cuales sobrepasan los niveles máximos permitidos. Los valores hallados en el estudio también coinciden con los de Calsín (2016) quien demostró que los parámetros bacteriológicos de recurso hídricos de pozos tubulares y artesianos del sector Taparachi III – Juliaca exceden los LMP, considerando que el recurso hídrico de pozos artesianos y tubular no óptimos para la potabilización y consumo humano.



CONCLUSIONES

PRIMERA: Respecto a la descripción de las características y componente estructural de los pozos, se halló que estos fueron construidos artesanalmente mediante excavaciones manuales, con el empleo de herramientas básicas y tienen diámetros que varían entre 1.20 y 1.50 metros y profundidades entre 3.20 y 5.20 metros, con interiores de tierra, por lo que estos pozos de aguas subterráneas no tienen estructura de protección y tienden a ser contaminados.

SEGUNDA: En cuanto al parámetro físico-químicos de agua subterránea, se obtuvo que las concentraciones de Turbidez en las muestras 1, 2, 4 y 5 de aguas subterráneas oscilan entre 0.847 y 1.68 NTU. El pH en los 5 sitios de muestras tiene valores que fluctúan entre 6.424 y 6.716. La CE en los 5 sitios de muestras poseen valores que fluctúan entre 628 y 1286 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los TDS en las 5 muestras tienen valores que varían entre 301 y 623 mg/l. La DT en las 5 muestras tienen valores que varían entre 245 y 385 mg/l. Los valores de cloruro oscilan entre 50 a 90 mg/l. Los valores de Sulfato de las muestras 1, 2, 3 y 4 están dentro del rango de 40 a 150 mg/l y la muestra 5 presenta un valor de 400 mg/l. Los valores de Nitratos en las muestras 1, 2, 3, 4 y 5 están dentro del rango de 6.642 a 19.926 mg/l. La mayoría de estos valores indican que el agua es óptima para el consumo.

TERCERA: En cuanto a los parámetros bacteriológicos: las concentraciones del Coliforme total (M-1=140UFC/100ml; M-2=124UFC/100ml; M-3=96UFC/100ml; M-4=50UFC/100ml y M-5=30UFC/100ml) y coliforme termotolerante (M-1=2UFC/100ml; M-2=32UFC/100ml; M-3=2UFC/100ml; M-4=6UFC/100ml y M-5=8UFC/100ml) superan los Límites Máximos Permisibles instituidos en el D.S. 031-2010 SA, señalando que el agua de pozo de las cinco muestras no es óptimo para el uso humano, pues genera riesgo en la salud de los habitantes.



RECOMENDACIONES

- Primera:** Se aconseja que los componentes estructurales y características de los pozos sean diseñados específicamente y técnicamente para la explotación de recursos hídricos subterráneos, incluyendo el uso de filtros y/o protecciones de concreto, entre otros. Asimismo, se aconseja la excavación de los pozos tomando en cuenta Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, el cual establece las medidas y disposiciones a tener en cuenta en pozos de aguas subterráneas.
- Segunda:** Con respecto al análisis físico-químico de las aguas subterránea, se sugiere tomar en cuenta el análisis y/o evaluación de los elementos químicos, ya que estos elementos químicos pueden ser causantes de cualquier enfermedad a las personas y si es necesario hacer el tratamiento de la potabilidad de las aguas subterráneas. Por otro lado, se recomienda aplicar los tratamientos que brinda la empresa HYDRALT sobre la potabilidad de aguas subterráneas con filtros y elementos químicos.
- Tercera:** Con referente a los parámetros microbiológicas se sugiere que realicen un proceso y tratamiento de las aguas, de modo que puedan consumir y evitar enfermedades a futuro, ya que en muchos casos las aguas subterráneas se encuentran contaminados por los pozos ciegos y letrinas sanitarias que se hallan a escasos metros de los pozos de donde se consumen las aguas.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamou, H., Ibrahim, B., Salack, S., Adamou, R., Sanfo, S., and Liersch, S. (2020). Physico-chemical and bacteriological quality of groundwater in a rural area of Western Niger: a case study of Bonkougou. *Journal of Water and Health*, 18(1), 77–90. <https://doi.org/10.2166/wh.2020.082>
- Adimalla, N., Dhakate, R., Kasarla, A., and Taloor, A. K. (2020). Appraisal of groundwater quality for drinking and irrigation purposes in Central Telangana, India. *Groundwater for Sustainable Development*, 10(126), 100334. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100334>
- Adimalla, N., and Wu, J. (2019a). Groundwater quality and associated health risks in a semi-arid region of south India: Implication to sustainable groundwater management. *Human and Ecological Risk Assessment*, 25(1–2), 191–216. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1546550>
- Adimalla, N., and Wu, J. (2019b). Groundwater quality and associated health risks in a semi-arid region of south India: Implication to sustainable groundwater management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 25(1–2), 191–216. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1546550>
- Aguilar, O., and Navarro, B. (2018). *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de LlañucanCHA del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017* [Universidad tecnológica de los Andes]. <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/130>
- Akpataku, K., Gnazou, M., Nomesi, T., Nambo, P., Doni, K., Bawa, L., and Djaneye-Boundjou, G. (2020). Physicochemical and Microbiological Quality of Shallow Groundwater in Lomé, Togo. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 8(162), 179. <https://doi.org/https://doi.org/10.4236/gep.2020.812010>
- Annapoorna, H., and Janardhana, M. R. (2015). Assessment of Groundwater Quality for Drinking Purpose in Rural Areas Surrounding a Defunct Copper Mine. *Aquatic Procedia*, 4, 685–692. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.088>
- Arbito, J. (2019). "Caracterización del agua subterránea para uso en actividades productivas"



- y humanas, en el cantón pasaje, 2014." Universidad Técnica de Machala.
- Aydin, A. (2007). The Microbiological and Physico-Chemical Quality of Groundwater in West Thrace , Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16(3), 377–383.
- Britannica, T. E. of E. (2021). *coliform bacteria*. Encyclopedia Britannica.
- Calsín, K. (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* [Universidad Nacional del Altiplano].
http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4187/Calsin_Ramirez_Katherine_Vane_ssa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chacón, G., Molina, F., Oropeza, O., Gaona, E., and Juárez, L. (2011). "Análisis de la concentración de floruro en agua potable de la delegación Tlahuac, Ciudad de México." *Contaminación Ambiental*, 27(4) 283-289.
- Chen, J., Huang, Q., Lin, Y., Fang, Y., Qian, H., Liu, R., and Ma, H. (2019). Hydrogeochemical Characteristics and Quality Assessment of Groundwater in an Irrigated Region, Northwest China. *Water*, 11(1), 96. <https://doi.org/10.3390/w11010096>
- Curo, M. (2017). *Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno, 2016* [Universidad Nacional del Altiplano].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5325/Curo_Vilca_Martha.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CYTED-RIPDA-CIRA. (2011). *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua*,. Centro Interamericano de Recursos Del Agua.
- Departamento de Salud del Estado de Washington. (2021). *Coliformes en el agua potable* .
- Diario Sin Fronteras. (2018). *En Urb. Santo Tomás exigen agua y desagüe*.
- Dieng, N. M., Orban, P., Otten, J., Stumpp, C., Faye, S., and Dassargues, A. (2017). Temporal changes in groundwater quality of the Saloum coastal aquifer. *Journal of Hydrology*:



- Regional Studies*, 9, 163–182. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2016.12.082>
- Eaton, A., Clesceri, L., Rice, E., Greenberg, A., & Franson, M. (Eds.). (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (21st ed.). Washington DC: American Public Health Association.
- Foster, S., and Chilton, J. (2017). How Do Groundwater Quality Hazards Arise? *Opflow*, 43(1), 14–17. <https://doi.org/10.5991/OPF.2017.43.0002>
- Ganyaglo, S. Y., Gibrilla, A., Teye, E. M., Owusu-Ansah, E. D.-G. J., Tettey, S., Diabene, P. Y., and Asimah, S. (2019). Groundwater fluoride contamination and probabilistic health risk assessment in fluoride endemic areas of the Upper East Region, Ghana. *Chemosphere*, 233, 862–872. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.276>
- Gharahi, N., and Zamani-Ahmadm Mahmoodi, R. (2020). Evaluation of groundwater quality for drinking purposes: a case study from the Beheshtabad Basin, Chaharmahal and Bakhtiari Province, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 79(4), 82. <https://doi.org/10.1007/s12665-020-8816-9>
- Gianoli, A., Hung, A., and Shiva, C. (2019). Relación entre coliformes totales y termotolerantes con factores fisicoquímicos del agua en seis playas de la bahía de Sechura-Piura 2016-2017. *Salud y Tecnología Veterinaria*, 6(2), 62. <https://doi.org/10.20453/stv.v6i2.3460>
- Gil Marin, J. A., Vizcaino, C., and Veliz, C. E. (2019). Evaluación de la calidad del agua subterránea utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de Estudio: Acuíferos de Maturín, Estado Monagas, Venezuela. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 3(3), 9. <https://doi.org/10.25127/aps.20193.488>
- Giwa, F., Giwa, A., and Aboh, E. (2015). Microbiological assessment of well waters in Samaru, Zaria, Kaduna, State, Nigeria. *Annals of African Medicine*, 14(1), 32. <https://doi.org/10.4103/1596-3519.148732>
- He, S., and Wu, J. (2019). Hydrogeochemical Characteristics, Groundwater Quality, and Health Risks from Hexavalent Chromium and Nitrate in Groundwater of Huanhe Formation in Wuqi County, Northwest China. *Exposure and Health*, 11(2), 125–137. <https://doi.org/10.1007/s12403-018-0289-7>



- He, X., Wu, J., and He, S. (2019). Hydrochemical characteristics and quality evaluation of groundwater in terms of health risks in Luohe aquifer in Wuqi County of the Chinese Loess Plateau, northwest China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 25(1–2), 32–51. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1531693>
- Hejaz, B., Al-Khatib, I. A., and Mahmoud, N. (2020). Domestic Groundwater Quality in the Northern Governorates of the West Bank, Palestine. *Journal of Environmental and Public Health*, 2020, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2020/6894805>
- Holland, R. A., Scott, K. A., Flörke, M., Brown, G., Ewers, R. M., Farmer, E., Kapos, V., Muggeridge, A., Scharlemann, J. P. W., Taylor, G., Barrett, J., and Eigenbrod, F. (2015). Global impacts of energy demand on the freshwater resources of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(48), E6707–E6716. <https://doi.org/10.1073/pnas.1507701112>
- Ibrahim, K. O., Gomo, M., and Oke, S. A. (2019). Groundwater quality assessment of shallow aquifer hand dug wells in rural localities of Ilorin northcentral Nigeria: Implications for domestic and irrigation uses. *Groundwater for Sustainable Development*, 9, 100226. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.100226>
- Indrastuti, Kazama, S., and Takizawa, S. (2021). Evaluation of Microbial Contamination of Groundwater under Different Topographic Conditions and Household Water. *Treatment Systems in Special Region of Yogyakarta Province, Indonesia. Water*, 13, 1673. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w13121673>
- Iticescu, C., Georgescu, L. P., Murariu, G., Topa, C., Timofti, M., Pintilie, V., and Arseni, M. (2019). Lower Danube Water Quality Quantified through WQI and Multivariate Analysis. *Water*, 11(6), 1305. <https://doi.org/10.3390/w11061305>
- Jang-Soon, K., Seong-Taek, Y., Ong-Hwa, L., K., S.-O., and Ho, H. (2009). "Removal of divalent heavy metals from aqueous solutions using scoria: Kinetics and equilibria of sorption." *Journal Hazardous Materials*, (174) 307-313.
- Jia, H., Qian, H., Qu, W., Zheng, L., Feng, W., and Ren, W. (2019). Fluoride Occurrence and Human Health Risk in Drinking Water Wells from Southern Edge of Chinese Loess



- Plateau. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(10), 1683. <https://doi.org/10.3390/ijerph16101683>
- Karakuş, C. B. (2019). Evaluation of groundwater quality in Sivas province (Turkey) using water quality index and GIS-based analytic hierarchy process. *International Journal of Environmental Health Research*, 29(5), 500–519. <https://doi.org/10.1080/09603123.2018.1551521>
- Kihumba, A., Ndembo Longo, J., and Vanclooster, M. (2016). Modelling nitrate pollution pressure using a multivariate statistical approach: the case of Kinshasa groundwater body, Democratic Republic of Congo. *Hydrogeology Journal*, 24(2), 425–437. <https://doi.org/10.1007/s10040-015-1337-z>
- KimAnh, P., and Thanh Giao, N. (2018). Groundwater Quality and Human Health Risk Assessment Related to Groundwater Consumption in an Giang Province. *Journal of Heavy Metal Toxicity and Diseases*, 03(02), 1–5. <https://doi.org/10.21767/2473-6457.10023>
- Kölbel-Boelke, J., Tienken, B., and Nehrkorn, A. (1988). Microbial communities in the saturated groundwater environment I: Methods of isolation and characterization of heterotrophic bacteria. *Microb Ecol*, 16, 17–29. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF02097402>
- Li, P., He, X., and Guo, W. (2019). Spatial groundwater quality and potential health risks due to nitrate ingestion through drinking water: A case study in Yan'an City on the Loess Plateau of northwest China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 25(1–2), 11–31. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1553612>
- Lobato, T. C., Hauser-Davis, R. A., Oliveira, T. F., Silveira, A. M., Silva, H. A. N., Tavares, M. R. M., and Saraiva, A. C. F. (2015). Construction of a novel water quality index and quality indicator for reservoir water quality evaluation: A case study in the Amazon region. *Journal of Hydrology*, 522, 674–683. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.01.021>
- Magesh, N. S., Krishnakumar, S., Chandrasekar, N., and Soundranayagam, J. P. (2013). Groundwater quality assessment using WQI and GIS techniques, Dindigul district, Tamil



- Nadu, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(11), 4179–4189.
<https://doi.org/10.1007/s12517-012-0673-8>
- Organización Mundial de la Salud. (2008). *Guías para la calidad del agua potable* (3rd ed.).
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (1988). *Guías para la calidad del agua potable. Vol. 3. Control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades*. Washington D. C.
- Ortiz-Letechipia, J., González-Trinidad, J., Júnez-Ferreira, H. E., Bautista-Capetillo, C., and Dávila-Hernández, S. (2021). Evaluation of Groundwater Quality for Human Consumption and Irrigation in Relation to Arsenic Concentration in Flow Systems in a Semi-Arid Mexican Region. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(15), 8045. <https://doi.org/10.3390/ijerph18158045>
- Paredes, R., and Quinto, J. (2016). "Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en el distrito de Palca provincia de Tarma región Junín." Universidad Nacional Danirl Alcides Carrion.
- Prieto, B. C. J. (2004). "El agua: sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación" (2da ed.). ECOE Ediciones.
- Qureshi, S. S., Channa, A., Memon, S. A., Khan, Q., Jamali, G. A., Panhwar, A., and 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>
- Rasool, A., Farooqi, A., Masood, S., and Hussain, K. (2016). Arsenic in groundwater and its health risk assessment in drinking water of Mailsi, Punjab, Pakistan. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(1), 187–202. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1056295>
- Rezaei, H., Jafari, A., Kamarehie, B., Fakhri, Y., Ghaderpoury, A., Karami, M. A., Ghaderpoori, M., Shams, M., Bidarpoor, F., and Salimi, M. (2019). Health-risk assessment related to the fluoride, nitrate, and nitrite in the drinking water in the Sanandaj, Kurdistan County, Iran. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 25(5), 1242–



1250. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1463510>

Richey, A. S., Thomas, B. F., Lo, M.-H., Reager, J. T., Famiglietti, J. S., Voss, K., Swenson, S., and Rodell, M. (2016). Reply to comment by Sahoo et al. on "Quantifying renewable groundwater stress with GRACE." *Water Resources Research*, 52(5), 4188–4192. <https://doi.org/10.1002/2015WR018329>

Soriano, M. (2018). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano en el centro poblado Pata Pata - 2018* [Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14210>

Uddin, M. G., Nash, S., and Olbert, A. I. (2021). A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. *Ecological Indicators*, 122, 107218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107218>

Wang, D., Wu, J., Wang, Y., and Ji, Y. (2020). Finding High-Quality Groundwater Resources to Reduce the Hydatidosis Incidence in the Shiqu County of Sichuan Province, China: Analysis, Assessment, and Management. *Exposure and Health*, 12(2), 307–322. <https://doi.org/10.1007/s12403-019-00314-y>

Wu, J., Wang, L., Wang, S., Tian, R., Xue, C., Feng, W., and Li, Y. (2017). Spatiotemporal variation of groundwater quality in an arid area experiencing long-term paper wastewater irrigation, northwest China. *Environmental Earth Sciences*, 76(13), 460. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6787-2>

Yaghobi, S., Faramarzi, M., Karimi, H., and Sarvarian, J. (2019). Simulation of land-use changes in relation to changes of groundwater level in arid rangeland in western Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(3), 1637–1648. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1610-x>

York State Department of Health, N. (n.d.). *Coliform Bacteria in Drinking Water Supplies*.

Zhang, Q., Xu, P., and Qian, H. (2020a). Groundwater Quality Assessment Using Improved Water Quality Index (WQI) and Human Health Risk (HHR) Evaluation in a Semi-arid Region of Northwest China. *Exposure and Health*, 12(3), 487–500. <https://doi.org/10.1007/s12403-020-00345-w>



Zhang, Q., Xu, P., and Qian, H. (2020b). Groundwater Quality Assessment Using Improved Water Quality Index (WQI) and Human Health Risk (HHR) Evaluation in a Semi-arid Region of Northwest China. *Exposure and Health*, 12(3), 487–500.
<https://doi.org/10.1007/s12403-020-00345-w>

Zhen-Wu, B. Y. (2010). Índices de calidad del agua en la microcuenca de la quebrada Victoria, Guanacaste, Costa Rica (2007-2008). *UNED Research Journal*, 2(1), 45–61.
<https://doi.org/10.22458/urj.v2i1.221>

Zhou, Y., Li, P., Chen, M., Dong, Z., and Lu, C. (2021). Groundwater quality for potable and irrigation uses and associated health risk in southern part of Gu'an County, North China Plain. *Environmental Geochemistry and Health*, 43(2), 813–835.
<https://doi.org/10.1007/s10653-020-00553-y>



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de consistencia

Tema : Evaluación de la calidad de aguas subterráneas para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno

Ejecutor : Leon Mamani Grover Jaime

| Problemas | Objetivos | Hipótesis | Variables | Dimensión | Indicadores | Metodología |
|---|--|--|--|---|---|---|
| <p>Interrogante general ¿Cuál es la calidad de las aguas subterráneas destinadas para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno?</p> <p>Interrogantes específicos. ¿Cuáles son las características y componentes estructurales de los pozos de aguas subterráneas para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno?</p> <p>¿Cómo se encuentra los parámetros físicos, químicas y bacteriológicos de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno?</p> <p>¿Cómo se encuentra los parámetros bacteriológicos de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno?</p> | <p>Objetivo general Evaluar la calidad de las aguas subterráneas destinadas para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.</p> <p>Objetivos específicos. Describir las características y componentes estructurales de los pozos de aguas subterráneas para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.</p> <p>Determinar los parámetros físico-químicas de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.</p> <p>Determinar los parámetros bacteriológicos de las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.</p> | <p>Hipótesis general La calidad de las aguas subterráneas caracterizado con los Límites Máximos Permisibles destinadas para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno</p> <p>Hipótesis específicas. Las características y componentes estructurales de los pozos de aguas subterráneas para consumo humano se encuentran en pésimas condiciones en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.</p> <p>Los parámetros físicos, químicas se encuentran dentro de los límites máximos permisibles las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.</p> <p>Los parámetros bacteriológicos no se encuentran dentro de los límites máximos permisibles las aguas subterráneas en la Urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca – Puno.</p> | <p>VI Evaluación de calidad de agua</p> <p>VD Aguas subterráneas para consumo humano</p> | <p>Características de pozos.</p> <p>Componentes estructurales de pozos.</p> <p>Parámetros físicos.</p> <p>Parámetros químicos.</p> <p>Parámetros microbiológicos.</p> | <p>Descripción del proceso constructivo. Construcción de pozos</p> <p>Turbidez, conductividad y temperatura.</p> <p>pH, dureza total, cloro residual, sólidos totales disueltos, sulfatos nitratos, metales totales</p> <p>Coliformes totales y coliformes fecales.</p> | <p>Enfoque: Cuantitativo aplicada</p> <p>Método: deductivo</p> <p>Tipo: Descriptivo explicativo</p> <p>Diseño: experimental</p> <p>Población: cantidad de pozos de la Ubr. Santo Tomás</p> <p>Muestra: 5 puntos de muestreo</p> |

Anexo 2. Panel fotográfico



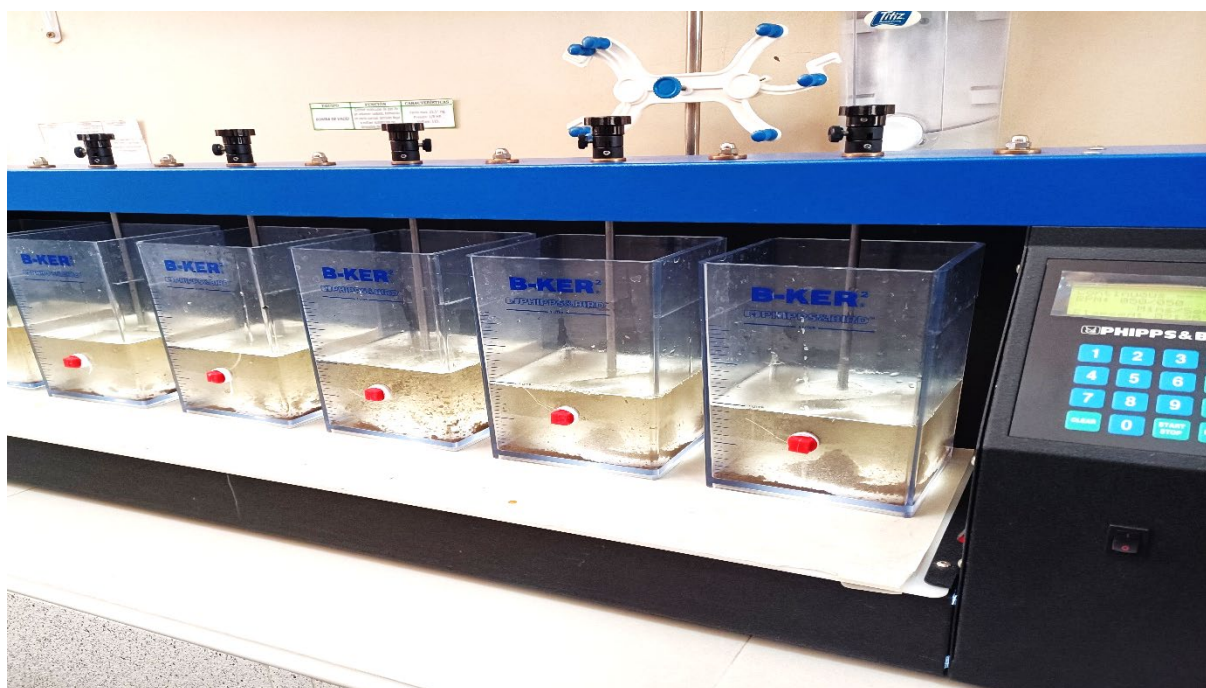
Fotografía 1. Identificación de las características y componentes estructurales del pozo domésticos construido en la Urbanización Santo Tomas



Fotografía 2. Preparación de equipos para la extracción de muestra del agua de pozo (subterránea) en la Urbanización Santo Tomas



Fotografía 5. Preparando los materiales y reactivos para realizar los ensayos de laboratorio en el Laboratorio de Calidad Ambiental



Fotografía 6. Se puede ver las muestras de aguas subterráneas de la Urb. Santo Tomas en el Laboratorio de Calidad Ambiental de EPISA



Anexo 3. Tablas de LMP según DS N° 031-2010-SA

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

| Parámetros | Unidad de medida | Límite máximo permisible |
|---|---------------------|--------------------------|
| 1. Bacterias Coliformes Totales. | UFC/100 mL a 35°C | 0 (*) |
| 2. E. Coli | UFC/100 mL a 44,5°C | 0 (*) |
| 3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales. | UFC/100 mL a 44,5°C | 0 (*) |
| 4. Bacterias Heterotróficas | UFC/mL a 35°C | 500 |
| 5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos. | N° org/L | 0 |
| 6. Virus | UFC / mL | 0 |
| 7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos | N° org/L | 0 |

UFC = Unidad formadora de colonias

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

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 ⁻¹ | 1 000 |
| 8. Cloruros | mg Cl ⁻ L ⁻¹ | 250 |
| 9. Sulfatos | mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹ | 250 |
| 10. Dureza total | mg CaCO ₃ L ⁻¹ | 500 |
| 11. Amoniaco | mg N L ⁻¹ | 1,5 |
| 12. Hierro | mg Fe L ⁻¹ | 0,3 |
| 13. Manganeseo | mg Mn L ⁻¹ | 0,4 |
| 14. Aluminio | mg Al L ⁻¹ | 0,2 |
| 15. Cobre | mg Cu L ⁻¹ | 2,0 |
| 16. Zinc | mg Zn L ⁻¹ | 3,0 |
| 17. Sodio | mg Na L ⁻¹ | 200 |

UCV = Unidad de color verdadero

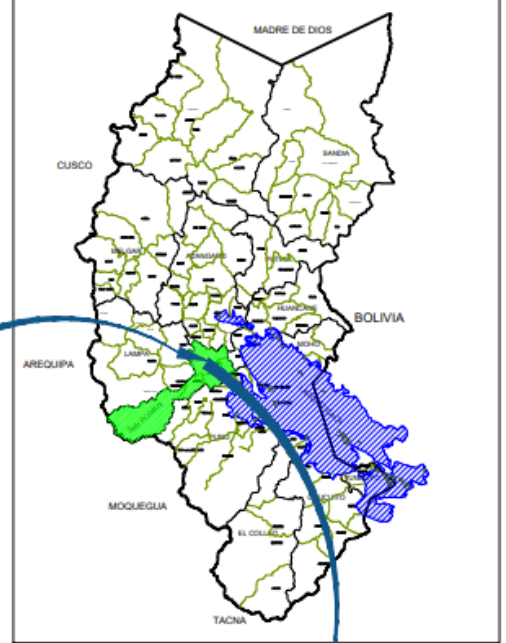
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad



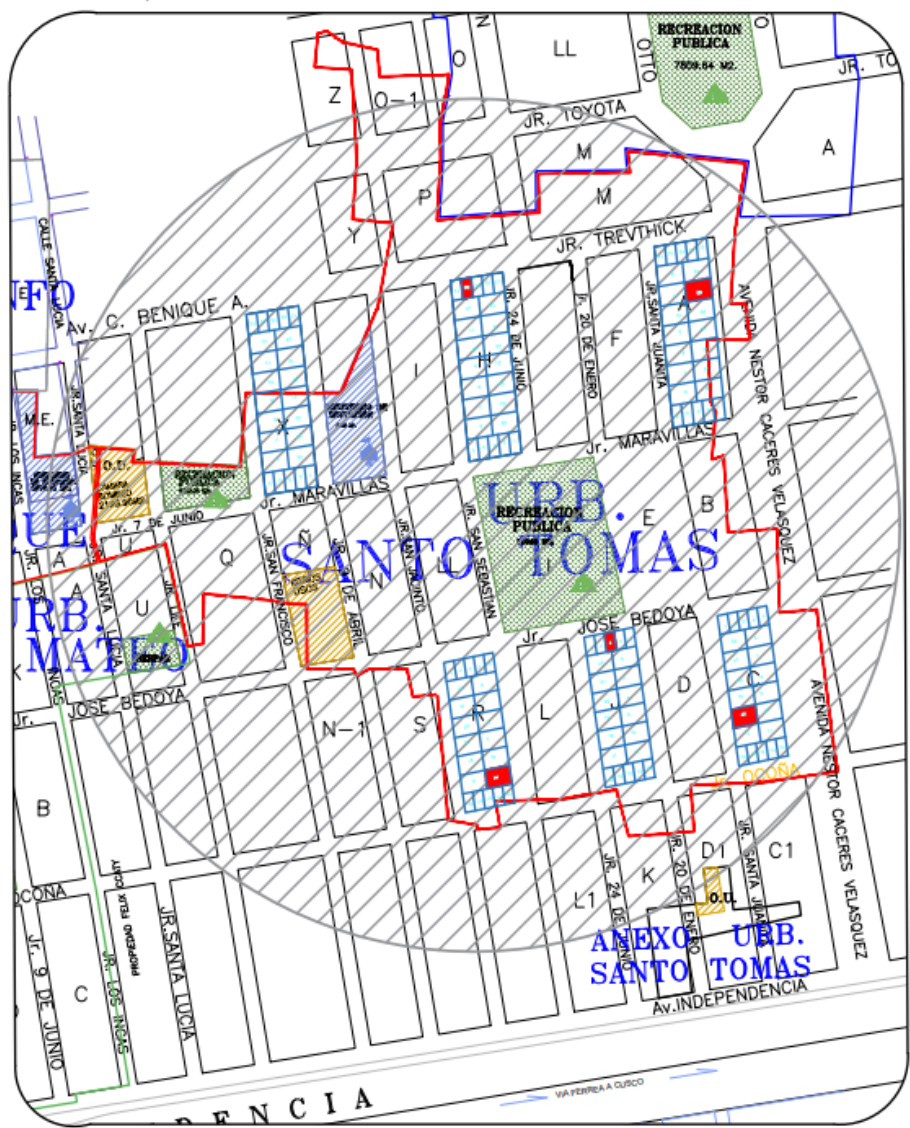
LOCALIZACIÓN NACIONAL



LOCALIZACIÓN REGIONAL



Anexo 4. Plano de ubicación



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Proyecto: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA CONSUMO HUMANO EN LA URBANIZACIÓN SANTO TOMÁS DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO

Plano: PLANO DE UBICACION Y CARACTERISTICAS

Bach.: LEON MAMANI GROVER JAIME
Fecha: MAYO 2024
Escala: INDICADA
Lamina: PU01



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 25-09-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: Grover Jaime Leon Mamani

Dirección: Jr. Loayza N° 335

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 47616444

Teléfono: 983045020 email: leon19glm@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras

Escuela Profesional o Mención: Ingeniería Sanitaria y Ambiental

Título o Grado Académico a optar: Ingeniero Sanitario y Ambiental

Asesor: Dr. Arnaldo Yana Torres

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA CONSUMO HUMANO EN LA URBANIZACIÓN SANTO TOMÁS DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO.

Palabras claves, (3 a 5 términos): Propiedades físico-químicas, coliformes totales, termotolerantes

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

No

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia **CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:**

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: Saneamiento ambiental, P-22

Firma de Autor



huella digital

25 de Setiembre del 2024

Fecha