



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA
PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD CARATA,
DISTRITO DE COATA**

TESIS

PRESENTADA POR:

DAVID ALFREDO QUISPE YANA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA
SUBTERRÁNEA PARA CONSUMO HUMANO
EN LA COMUNIDAD CARATA, DISTRICTO
DE COATA**

AUTOR

DAVID ALFREDO QUISPE YANA

RECuento de palabras

25007 Words

RECuento de caracteres

129991 Characters

RECuento de páginas

129 Pages

Tamaño del archivo

6.7MB

Fecha de entrega

Apr 17, 2024 4:13 PM GMT-5

Fecha del informe

Apr 17, 2024 4:15 PM GMT-5

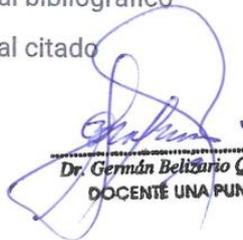
● 18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 6% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)


Dr. Germán Belizario Quispe
DOCENTE UNA PUNO


Dr. GILBERTO VELARDE COAQUIRA
Director Unidad de Investigación
Facultad de Ingeniería Agrícola - UNA - Puno

Resumen



DEDICATORIA

A nuestro divino creador Dios, que a diario me da fuerza y me mantiene de pie, donde la fortaleza es la inspiración de seguir por la senda en alcanzar mis objetivos propuestos, uno de ellos son los estudios universitarios y poder cumplir mi meta.

Con todo mi cariño y amor para mis padres Marcial Quispe Suasaca y María Yana Quispe, como también a mis hermanos Raúl Fernando, Mary luz, Karen Yoseli, que hicieron todo lo posible en la vida para que logre mis sueños, por ser los pilares de mi instrucción para ser mejor cada día como ser humano lleno de humildad en donde refleja la enseñanza que me infundieron desde pequeño, por motivarme y darme ese apoyo que tanto necesitaba, que estarán presentes en mi corazón en el transcurso de toda mi existencia. Quiero que sepan que lo que logré no hubiera sido posible de alcanzar si no hubiera contado con ellos. A ustedes por siempre mil gracias.

Agradezco a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola que generosamente compartieron su sabiduría, así como a mis colegas, quienes colaboraron arduamente para mantener un compromiso constante con el aprendizaje diario.

David Alfredo Quispe Yana



AGRADECIMIENTO

En esta fase culminante, expreso mi gratitud a todas aquellas personas y entidades que, de diversas maneras, han posibilitado la realización de este trabajo y la consecución de este nuevo logro.

En primer término, agradezco a la divinidad por su cuidado y orientación en mi camino, permitiéndome finalizar mis estudios y alcanzar la conclusión de este proyecto.

Un reconocimiento especial se dirige hacia los ingenieros a: Dr. Germán Belizario Quispe, M. Sc. Oscar Raúl Mamani Luque, M. Sc. Edgardo Sebastián Guerra Bueno y D. Sc. Efraín Lujano Laura, por su respaldo tanto académico como profesional en el desarrollo de esta investigación.

Asimismo, quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano, particularmente a la Facultad de Ingeniería Agrícola y la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por su contribución a mi educación y formación profesional durante mis años de aprendizaje.

David Alfredo Quispe Yana



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1.1. Problema general.....	19
1.1.2. Problemas específicos	19
1.2. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.2.1. Hipótesis general	20
1.2.2. Hipótesis específicas	20
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	20
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.4.1. Objetivo general	22
1.4.2. Objetivos específicos	22
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	23



2.1.1.	A nivel internacional	23
2.1.2.	Antecedentes nacionales	26
2.1.3.	Antecedentes regionales	29
2.2.	MARCO TEÓRICO.	30
2.2.1.	Calidad de agua	30
2.2.2.	Agua subterránea.....	31
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	33
2.3.1.	Agua potable	33
2.3.2.	Calidad de aguas subterráneas	35
2.3.3.	Consumo humano.....	35
2.3.4.	Evaluación de agua subterránea	36

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	ZONA DE ESTUDIO	37
3.1.1.	Ubicación política	37
3.1.2.	Ubicación Geográfica:	37
3.1.3.	Clima:.....	39
3.1.4.	Precipitación.....	39
3.1.5.	Temperatura	39
3.1.6.	Topografía	40
3.1.7.	Límites.....	41
3.1.8.	Vías de comunicación y accesibilidad	41
3.1.9.	Ubicación de los puntos de muestreo.....	41
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	43
3.3.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	43



3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	44
3.4.1.	Técnicas.....	44
3.4.2.	Instrumentos	44
3.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA	44
3.5.1.	Población.....	44
3.5.2.	Muestra.....	45
3.6.	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	45
3.6.1.	Descripción de la metodología.....	45

CAPTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	RESULTADOS.....	48
4.1.1.	Concentraciones de los componentes químicos existentes en las aguas subterráneas	48
4.1.1.1	Identificación de los puntos estratégicos para la toma de muestra según los protocolos.....	64
4.1.1.2	Toma de muestra de agua subterránea	72
4.1.1.3	Registro de muestreo.....	73
4.1.1.4	Envío al laboratorio certificado para el proceso de análisis de las muestras	74
4.1.2.	Caracterizar el contenido de arsénico y metales pesados en las aguas subterráneas de la comunidad de Carata.	81
4.1.3.	Proponer un sistema de saneamiento básico unifamiliar en la zona de estudio en función de los contaminantes presentes en el agua.....	88
4.2.	DISCUSIÓN	96
4.2.1.	Comparación de los resultados con las normativas vigentes.	97



V. CONCLUSIONES	110
VI. RECOMENDACIONES	112
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
ANEXOS.....	118
ANEXO N° 1. INFORME DE ENSAYO N° 0504-2023	118
ANEXO N° 2. INFORME DE ENSAYO N° 0505-2023	120
ANEXO N° 3. INFORME DE ENSAYO N° 0506-2023	122
ANEXO N° 4. INFORME DE ENSAYO N° 0507-2023	124
ANEXO N° 5. INFORME DE ENSAYO N° 0508-2023	126

ÁREA: Ingeniería y tecnología

TEMA: Saneamiento rural

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 19 de abril del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Accesibilidad a zona de investigación 41
Tabla 2	Geo referencia de los puntos de la muestra de estudio 42
Tabla 3	Informa de ensayo N° 0504-2023 (M1)..... 76
Tabla 4	Informa de ensayo N° 0505-2023 (M2)..... 77
Tabla 5	Informa de ensayo N° 0506-2023 (M-3) 78
Tabla 6	Informa de ensayo N° 0507-2023 (M-4) 79
Tabla 7	Informa de ensayo N° 0508-2023 (M-5) 80
Tabla 8	Cuadro comparativo de los resultados con la NTP..... 81
Tabla 9	Cuadro comparativo con la OMS y la DIGESA 83
Tabla 10	Principales causas de morbilidad general 2010 - Coata..... 86



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Se muestra la ubicación de la zona de estudio:	38
Figura 2 Micro localización del Proyecto de investigación	38
Figura 3 Precipitación diaria según SENAMHI, CO 100021	39
Figura 4 Mapa topográfico del distrito de Coata.....	40
Figura 5 Localización de los puntos de muestreo de agua subterránea.....	42
Figura 6 Punto de muestreo M1 Chinche.....	67
Figura 7 Punto de muestreo M2 Desvio Candile	68
Figura 8 Punto de muestreo M3 Candile.....	69
Figura 9 Punto de muestreo M4 Putucuni Pata	70
Figura 10 Punto de muestreo P5-Pakachi.....	71
Figura 11 Interpretación comparativa de datos respecto a la calidad de agua.	87
Figura 12 Filtro de Carbón Activo de Flujo Lento.....	92
Figura 13 Esquema de con zeolitas naturales de la región de Puno.....	93
Figura 14 Filtro de arena de flujo lento.....	95
Figura 15 Comparación de plata con los LMP.....	97
Figura 16 Comparación de aluminio con los LMP	98
Figura 17 Comparación del arsénico con LMP.....	99
Figura 18 Comparación de los resultados de boro con LMP	100
Figura 19 Comparación de bario con los LMP	100
Figura 20 Comparación de los resultados de calcio con los LMP	101
Figura 21 Comparación de los resultados de Hierro con los LMP	103
Figura 22 Comparación de los resultados de manganeso con los LMP.....	104
Figura 23 Comparación de los resultados de sodio con los LMP	105



Figura 24	Comparación de los resultados de fosforo con los LMP	106
Figura 25	Comparación de los resultados de antimonio con los LMP.....	107
Figura 26	Comparación de los resultados de uranio con los LMP.....	108
Figura 27	Comparación del arsénico con los datos de la DIGESA y OMS	109



ACRÓNIMOS

INACAL:	Instituto Nacional de Calidad
ANA:	Autoridad Nacional del Agua
OMS:	Organización Mundial de la Salud
LMP:	Límites Máximos Permisibles
DIGESA:	Dirección General de Salud Ambiental
DGCA:	Dirección General de Salud Ambiental
ECA:	Estándar de Calidad Ambiental
EPS:	Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento
CH:	Consumo Humano



RESUMEN

En el altiplano peruano, específicamente las comunidades campesinas ubicadas a las orillas del lago Titicaca sufre el desabastecimiento de agua para diferentes pobladores del distrito de Coata, por lo que vienen aprovechando las aguas subterráneas sin conocer su calidad. Durante la investigación se propone responder a la interrogante: ¿La calidad de agua subterránea de la Comunidad Campesina de Carata es apto para el consumo humano sin previo tratamiento?, por lo que plantea evaluar la calidad de agua subterránea para consumo humano en la Comunidad Campesina de Carata. Asimismo, la investigación es aplicada de enfoque cuantitativo, de diseño no experimental, de corte transversal, de nivel descriptiva-analítica y explicativa, cuyo método fue el hipotético-inductivo, a partir de las muestras de agua subterránea en cinco puntos de muestreo: Chinche M1, Desvio Candile M2, Candile M3, Putucuni Pata M4, Pakachi M5, aplicando la técnica de observación, usando como instrumento la guía de observación y lista de cotejo, en cual se arriba al siguiente. Logrando en la $M1=0.01787$ mg/L, $M2=0.01065$ mg/L, y la $M5=0.01558$ mg/L, es relativamente superior a 0.01 mg/L de Arsénico establecida en la LEG. Peruana (D.S. N° 004-2017-MINAM, Subcategoría A) y D.S, N° 031-2010-SA, in solo las $M3=0.00531$ mg/L y $M4=0.00867$ mg/L, están por debajo de dicho valor. Finalmente se concluye que la calidad de la calidad de subterránea de los puntos M3 y M4, son aptos para el consumo del ser humano.

Palabras clave: Agua potable, calidad de aguas subterráneas, consumo humano, evaluación.



ABSTRACT

In the Peruvian highlands, specifically the peasant communities located on the shores of Lake Titicaca suffer from water shortages for different parts of the populated Coata district, so they have been taking advantage of groundwater without knowing its quality. During the investigation, it is proposed to answer the question: Is the quality of groundwater in the Peasant Community of Carata suitable for human consumption without prior treatment? Therefore, it is proposed to evaluate the quality of groundwater for human consumption in the Peasant Community. of Carata. The research is applied with a quantitative approach, non-experimental design, cross-sectional, descriptive-analytical and explanatory level, whose method was hypothetical-inductive, based on groundwater samples at five sampling points: Chinche M1, Desvio Candile M2, Candile M3, Putucuni Pata M4, Pakachi M5, applying the observation technique, using the observation guide and checklist as an instrument, in which the following is arrived at. Achieving $M1=0.01787$ mg/L, $M2=0.01065$ mg/L, and $M5=0.01558$ mg/L, it is relatively higher than the 0.01 mg/L of As established in the LEG. Peruvian (D.S. N° 004-2017-MINAM, Subcategory A) and D.S, N° 031-2010-SA, only $M3=0.00531$ mg/L and $M4=0.00867$ mg/L, are below said worth. It concludes: that the quality of the underground quality of points M3 and M4 are suitable for human consumption.

Keywords: Drinking water, groundwater quality, human consumption, evaluation.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua subterránea adquiere una significativa relevancia en la preservación de la salud y el bienestar de las comunidades que la utilizan como fuente de abastecimiento para el consumo humano. En este contexto específico de la Comunidad Campesina de Carata, situada en el distrito de Coata, tiene la imperante necesidad de llevar a cabo una evaluación exhaustiva de la calidad del agua subterránea que se emplea diariamente debido a su entorno al río Coata y la formación geológica sedimentaria aluvial. Esta evaluación se convierte en un elemento esencial con el propósito de verificar que ¿el recurso hídrico que se consume, cumple con los requisitos y estándares necesarios para ser considerado seguro y apto para el consumo humano?; en tal sentido, exploraremos la importancia fundamental de dicho proceso de evaluación, así como las posibles fuentes de contaminación y los riesgos potenciales que ello conlleva para la salud de la población local. Además, resaltaremos la trascendencia de implementar medidas de supervisión y control, junto con estrategias destinadas a asegurar que la C.C. de Carata tenga acceso a agua subterránea de calidad, de manera que satisfaga sus necesidades básicas y promueva un entorno de vida saludable.

El aumento de la población en los centros poblados de Carata, Sucasco, Jochi San Francisco; poblaciones a las áreas cercanas al río Coata, resulta en una incidencia mayor en la generación de contaminación, producción de desechos sólidos y líquidos provenientes de hogares e industrias. Estos factores contribuyen a la contaminación de dicho río; por consiguiente, al deterioro de las aguas subterráneas en la zona de estudio. En la actualidad, el acceso a las aguas subterráneas representa una alternativa más viable para las familias que residen en áreas rurales y carecen de un sistema de suministro de



agua potable. Este recurso es extraído mediante pozos rudimentarios; no obstante, su consumo ocurre sin análisis ni tratamiento previo, o se somete a un tratamiento básico sin la guía de técnicos de la especialidad, lo que pone en peligro la salud de los habitantes locales.

Por lo tanto, es imperativo llevar a cabo un examen de las concentraciones de arsénico, que, según las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS), no deben exceder los 10 $\mu\text{g/L}$. También es crucial analizar la presencia de metales pesados en las aguas subterráneas y comparar estos valores con los límites máximos permisibles para el consumo humano establecidos por la OMS. Las muestras fueron recolectadas de los pozos que abastecen de agua a las familias de la comunidad de Carata, ubicadas en el distrito de Coata. Esto tiene como objetivo obtener una comprensión de la calidad del agua subterránea en la zona de estudio y, basándose en los resultados, proponer un sistema de tratamiento básico sostenible para potabilizar el agua. De esta manera, se busca prevenir la aparición de enfermedades futuras y asegurar un consumo seguro de agua de alta calidad para las familias. Además, esta iniciativa contribuirá a la mejora de la calidad de vida y ayudará a cerrar las brechas en términos de saneamiento básico.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global, la calidad de agua cada vez más preocupante y escasa; sin embargo, la demanda de agua se incrementa año tras año, por el incremento acelerada de la población a nivel mundial y nacional. Por ende, la evaluación de la calidad del agua subterránea en la comunidad de Carata trasciende su alcance local y se integra en los desafíos globales relacionados con la seguridad hídrica. Abordar eficazmente esta cuestión requiere tomar en cuenta su dimensión internacional, fomentando la colaboración entre naciones y entidades para asegurar que todas las comunidades tengan acceso a agua subterránea apta y segura para el consumo humano. No obstante, factores naturales como acciones humanas están provocando cambios en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. Esta realidad se replica en el Perú, resultando en una disminución de la disponibilidad de agua adecuada para el consumo humano. Las fuentes y los cuerpos de agua están experimentando alteraciones cada vez más pronunciadas debido a estas circunstancias.

La problemática de evaluar la calidad del agua subterránea en Carata se erige como un asunto de gran relevancia dentro de panorama nacional peruano. Para hacer frente a este desafío, se hace indispensable la cooperación entre instituciones gubernamentales, comunidades locales y organizaciones de la sociedad civil. Esto con el fin de asegurar la implementación de medidas eficaces para supervisar, controlar y regular la calidad del agua subterránea, permitiendo así el acceso a agua segura y de óptima calidad para el consumo humano en Carata y otras regiones del país.

A pesar de su condición de recurso vital para la supervivencia humana y de su amplia presencia en el planeta, únicamente un porcentaje reducido del total de agua disponible (agua dulce) es adecuado para el consumo humano. Esta escasez de agua dulce



en la superficie se ha vuelto cada vez más crítica debido a los impactos del cambio climático, manifestados en sequías prolongadas y en un aumento de las temperaturas que contribuyen a una disminución de la disponibilidad de agua en la superficie.

Este fenómeno es más notable en los últimos años debido a un incremento sustancial en la tasa de evaporación (Belizario et al., 2013). Estas estadísticas hacen referencia exclusivamente al volumen de agua presente en los primeros 10 kilómetros de la corteza terrestre, bajo la superficie del suelo. Dentro de esta reserva, el 97.4% es agua salada, mientras que solamente el 2.6% es agua dulce. De ese porcentaje de agua dulce, se distribuye en un 2.2% en agua en la superficie y un 0.6% en forma subterránea. En cuanto al agua superficial, los glaciares contienen el 2%, los lagos el 0.01%, y los ríos y arroyos solamente el 0.0001%. Del 0.6% correspondiente al agua subterránea, únicamente el 0.3% es económicamente viable para su explotación, mientras que el restante se encuentra a profundidades superiores a los 800 metros (Victoria, 1999).

La necesidad apremiante de afrontar los desafíos relacionados con la calidad del agua subterránea en Carata, dentro del marco de la región de Puno, enfatiza la importancia de abordar estos problemas a nivel local. Esto implica promover la seguridad de la salud de la población y asegurar el acceso generalizado al agua, de igual manera asegurar el acceso a agua potable para satisfacer las necesidades humanas es un elemento esencial para salvar la salud y el bienestar de las personas. En la localidad de Carata del distrito de Coata, el abastecimiento de agua para el consumo se origina a partir de fuentes subterráneas, como manantiales y pozos. Sin embargo, ha surgido una inquietud creciente con relación a la aptitud del recurso hídrico subterránea en esta comunidad y su aptitud para el abastecimiento del ser humano. La escases del recursos hídricos en la localidad de Carata, resulta en una alta dependencia de las aguas subterráneas para atender las diversas demandas propias de las actividades diarias, sobre todo para el consumo humano, según



lo mencionado por Belizario et al. (2019). A pesar de esta dependencia, se han notado señales de contaminación en estas fuentes acuíferas, lo cual introduce un peligro potencial para la salud de los residentes, tal como señaló García (2018).

En relación a la salud de la comunidad, se resalta que el consumo de agua subterránea contaminada tiene el potencial de inducir afecciones gastrointestinales, infecciones bacterianas y efectos adversos a largo plazo en la salud. Aquellos segmentos de la población más susceptibles, como los niños y los adultos mayores, podrían experimentar un impacto aún más acentuado en su bienestar a raíz de la exposición a agua de deficiente calidad, como expuso Mendoza (2021).

1.1.1. Problema general

¿La calidad de agua subterránea de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata; es apto para el consumo humano sin previo tratamiento?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características y concentraciones de los componentes químicos presentes en las aguas subterráneas del área de estudio en términos de parámetros físicos, químicos y biológicos?
- ¿Cuál es el nivel de contenido de arsénico y metales pesados en las aguas subterráneas de la comunidad de Carata y cómo se compara con los estándares de calidad de agua para consumo humano?
- ¿Cómo se puede diseñar un sistema de saneamiento básico unifamiliar eficiente y efectivo en el área de estudio, considerando los contaminantes específicos presentes en el agua subterránea y su impacto en la salud pública?



1.2. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Hipótesis general

La calidad de agua subterránea debe consumirse con previo tratamiento en la comunidad Carata, distrito de Coata

1.2.2. Hipótesis específicas

- El grado de la contaminación de las aguas subterráneas con la presencia de arsénico y metales pesados que superan los valores de ECAs.
- Las concentraciones de arsénico y metales pesados se encuentran por encima de los límites máximos permisibles para consumo humano.
- Un sistema de saneamiento básico unifamiliar en la zona de estudio en función de los contaminantes presentes en el agua puede reducir los niveles de arsénico y metales pesados para así potabilizar el agua y mejorar la calidad de vida.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La evaluación de la calidad del agua subterránea en Carata es de suma importancia para preservar la salud de los habitantes, asegurar el acceso a agua segura y fomentar el desarrollo sostenible en la zona. Además, este estudio puede tener efectos significativos en la protección de los recursos hídricos y en la mejora de la calidad de vida en las zonas cercanas y el aumento en el número de habitantes en las cercanías del río Coata conlleva una mayor generación de contaminantes, así como la producción de desechos sólidos y líquidos provenientes de actividades domésticas e industriales.

Estos factores contribuyen a la contaminación de dicho río y, por consiguiente, al deterioro de las aguas subterráneas en la región bajo estudio. En la actualidad, el agua



subterránea se ha convertido en una opción más viable para las familias que residen en zonas rurales y no disponen de un sistema de abastecimiento de agua potable. Este recurso es extraído a través de pozos artesanales; no obstante, se consume sin un análisis ni tratamiento previo, o con un tratamiento simple y careciendo de orientación técnica. Esto pone en peligro la salud de los residentes.

Por esta razón, se hace imperativo llevar a cabo el análisis de las concentraciones de arsénico, cuyo límite máximo permisible según las pautas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 10 $\mu\text{g/L}$. Además, es esencial efectuar un estudio de los metales pesados presentes en las aguas subterráneas, en relación con los umbrales máximos permitidos para el consumo humano establecidos por la OMS. Estas muestras fueron recopiladas de los pozos que constituyen la fuente de abastecimiento de agua para las familias de la comunidad de Carata en el distrito de Coata.

Esto se realiza con el propósito de obtener una comprensión de la calidad del agua subterránea en la zona en estudio y, basándose en los resultados, idear un sistema básico de saneamiento para potabilizar el agua y, así, prevenir enfermedades futuras. En la actualidad, la exigencia de contar con recursos hídricos es de crucial relevancia para el avance tanto social y económico. Por lo tanto, a lo largo de varios años, un método de obtención de este recurso ha sido la perforación de pozos para extraer agua de las capas subterráneas. Sin embargo, la aptitud de estas aguas para el consumo humano o para diversas aplicaciones, incluyendo la agricultura, no siempre está garantizada, ni aptas.

Debido a la falta de acceso a agua potable en la comunidad de Carata, se han excavado pozos con el fin de obtener agua para satisfacer las necesidades de consumo y llevar a cabo diversas actividades. Las aguas extraídas de estas perforaciones se ven impactadas por la presencia de pozos sépticos cercanos, así como por prácticas agrícolas



y la crianza de animales, entre otros factores. Estos elementos contribuyen a una modificación en la calidad de estas aguas, lo cual potencialmente podría originar problemas de salud entre la población.

Por esta razón, el objetivo de este proyecto de investigación radica en examinar y valorar los aspectos fisicoquímicos y microbiológicos con el fin de verificar si se mantienen dentro de los niveles permisibles para el consumo. Asimismo, se busca ofrecer sugerencias para posibles métodos de tratamiento de estas aguas.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la calidad de agua subterránea para consumo humano en la comunidad Carata, distrito de Coata

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de los componentes químicos existentes en las aguas subterráneas en el área de estudio.
- Caracterizar el contenido de arsénico y metales pesados en las aguas subterráneas de la comunidad de Carata.
- Proponer un sistema de saneamiento básico unifamiliar en la zona de estudio en función de los contaminantes presentes en el agua.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. A nivel internacional

Según el trabajo desarrollado por Pérez *et al.* (2019) realizaron la investigación: “*Calidad del agua subterránea en el municipio Jimaguayú*” investigación presentada a la Revista Ingeniería Agrícola, en la que tuvo como Objetivo: efectuar un monitoreo a la situación actual de los indicadores de calidad de las aguas subterráneas y establecer las medidas para alcanzar los parámetros adecuados para las actividades de riego, abasto a la ganadería y el consumo humano, donde nos indica el Método: se seleccionaron 15 puntos, entre ellos, las áreas de dos unidades productivas, también fueron utilizados puntos de monitoreo de la Red de Calidad de las Aguas de la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Camagüey (EAHC) ubicados en los principales asentamientos humanos del municipio, llegando al siguiente Resultado: Se encontró afectación de cuerpos de agua en muchos de los lugares observados, con riesgos de salinidad por altos niveles de conductividad eléctrica y toxicidad a los cultivos por altos niveles de sodio y cloro en las fuentes correspondientes a las vaquerías 5-29 y 12-11 y pozo 1 de vaquería 12-2 utilizado para riego y presencia de nitratos y bacterias coliformes fecales en las diez fuentes para consumo humano en vaquerías, finalmente el trabajo de investigación llega a la Conclusión: será necesario aplicar medidas que permitan mejorar la calidad de las aguas subterráneas.

Según el trabajo desarrollado por (Sánchez *et al* 2016) realizan el estudio “*Calidad del agua subterránea: acuífero sur de quintana Roo, México*” con el



Objetivo: de conocer el estado de la calidad del agua subterránea del acuífero sur de Quintana Roo, seguido de intentos por investigar la distribución espacial y temporal de los parámetros fisicoquímicos para identificar las zonas con mejor potencial aptas para consumo humano, donde se aplicó la Metodología: estadísticos descriptivos y mapas de distribución espaciotemporal de concentraciones, así como el valor del ICA, en la que se llegó al siguiente. Resultado: denotaron condiciones de heterogeneidad espacial en las concentraciones de los iones analizados a través del medio acuífero, debido a la propia geología del lugar; procesos, como la disolución de minerales de rocas carbonatadas, dolomías y evaporitas; mezcla de aguadulce-marina y una posible contaminación antropogénica, principalmente por aguas residuales domésticas y el uso de fertilizantes. Los constituyentes químicos que excedieron el límite permisible de la NOM-127-SSA1-1994 fueron: STD (22% en 2002, y 42% en 2012); dureza total (60%); Na⁺ (9.8%); Cl⁻ (9.9%), y NO₃⁻ (3%, 2012), finalmente se arribó a la Conclusión: El ICA demostró que la calidad química del agua subterránea para consumo humano es aceptable para la mayoría de los sitios estudiados.

Según el trabajo desarrollo por Piguave *et al.*,(2019) realizaron una investigación titulada “*Calidad microbiológica del agua subterránea como riesgo epidemiológico en la producción de enfermedad diarreica infantil*” donde tuvieron como objetivo recopilar y analizar información acerca de la relación entre la enfermedad diarreica en niños menores de cinco (5) años y la contaminación de las fuentes de agua subterránea. Se consultaron las siguientes bases de datos: PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, SciELO y Google Scholar, analizando un total de ciento sesenta y nueve (169) publicaciones. Llegando a la conclusión que



se encontró relación entre la contaminación microbiana del agua subterránea y la diarrea infantil. Las aguas subterráneas están contaminadas por fugas de fosas sépticas, métodos inadecuados de manejo de desechos y escurrimiento de aguas pluviales, lo que determina la prevalencia de diarrea en niños. De allí, la importancia de monitorear la calidad del agua como factor de riesgo, con la detección y cuantificación de bioindicadores, mediante métodos rutinarios y novedosos, e incorporar intervenciones dirigidas a mejorar la accesibilidad a fuentes de agua controladas y la educación sanitaria en la búsqueda de asegurar la protección del agua y la disminución en la prevalencia de la diarrea infantil.

(Torres *et al.*, 2017) en la investigación que lleva por título “*Agua segura para comunidades rurales a partir de un sistema alternativo de filtración*” cuyo objetivo es proponer un prototipo de sistema de tratamiento de agua para zonas rurales de Colombia. Donde materiales y métodos consta de cuatro compartimentos en los que se realizan los procesos de clarificación del agua con alumbre y filtración, utilizando materiales a granel como: arena de diferente granulometría, piedra pómez, carbón activado y grava. El agua problema se emuló siguiendo las características del agua encontrada en la zona rural del país y su monitoreo se realizó siguiendo la normatividad vigente en Colombia. Llegando a resultados donde nos indica que hubo reducción en coliformes fecales y totales del 99,9 %, turbiedad del 98 % y color del 83 %. En todos los casos, los registros resultantes permiten clasificar el agua tratada como apta para el consumo humano. El nivel de pH ha aumentado ligeramente debido a la presencia de piedra pómez y otras piedras calizas en el material del filtro, pero el valor medido está dentro del límite máximo permitido para el agua potable. Finalmente, se concluyó que el sistema de tratamiento evaluado en este estudio produjo agua apta para el consumo



humano a partir de agua con características medias en las zonas rurales semi-templadas del país. La tecnología propuesta es altamente adaptable y escalable, y puede controlar enfermedades transmitidas por el agua en áreas que carecen de sistemas de acueductos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según el trabajo desarrollado por Oscco, (2019) en su investigación titulado: “Determinación de la calidad de agua subterránea para consumo humano” trabajo que fue presentado a la Universidad Científica del Sur, en la que tuvo como propósito, obtener el grado de ingeniero ambiental, en la que se arribó al siguiente. Objetivo: determinar la calidad de agua subterránea para consumo humano, en la que se aplicó la. Metodología: de enfoque cuantitativa un nivel analítico, en la que se llegó al siguiente. Resultado: la calidad de agua subterránea logra ser afectada natural y artificialmente mediante la alteración de sus componentes, pH, turbiedad, DBO, sulfatos, nitratos, oxígeno disuelto y se arribó al siguiente. Conclusión: las enfermedades gastrointestinales se corresponden al agua de consumo extraído de pozos, debido a que estas aguas subterráneas muestran contaminación.

En el trabajo de investigación desarrollado por Cutimbo, (2012) titulada “Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas para consumo humano en los pequeños centros poblados de La Yarada y Los Palos del distrito de Tacna”, el presente estudio tuvo como objetivo principal determinar la calidad bacteriológica de las aguas. subterráneo se utiliza para consumo humano en los núcleos de población de La Yarada y Los Palos. La investigación fue de tipo descriptivo el método usado fue la Numeración de Coliformes Totales y Termo tolerantes por el



método de Tubos Múltiples (NMP) y Recuento en Placa de Bacterias Mesófilas Aerobias (APHA, 2005). Indicadores utilizados para determinar la calidad bacteriológica de las aguas subterráneas: número total de E. coli, E. coli termotolerantes y bacterias mesófilas heterótrofas. Llegando a la conclusión de que los 46 pozos muestreados entre los meses de abril y junio del 2012 en los que presentaron un agua no apta para el consumo humano fueron: para bacterias de recuento de Bacterias Heterotróficas 2%, para Coliformes Totales 54% y para Coliformes Termotolerantes 11% y de los 46 pozos muestreados 21 (46%) se encontraron bacteriológicamente aptos para el consumo humano; 25 (54%) no aptos.

Según el trabajo de investigación desarrollado por Dilas, (2017), titulado “Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano en el centro poblado pata pata – 2018”, donde el objetivo principal fue: Evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas subterráneas utilizadas para el consumo humano en la ciudad de Pata Pata. Como metodología: el diseño de investigación del presente proyecto es de tipo descriptivo transversal, ya que busca describir la calidad fisicoquímica y biológica que presenta las aguas subterráneas del centro poblado de Pata Pata y a la vez analizar la relación que presentan dichos resultados con la realidad que presenta el centro poblado. En conclusión, se concluyó que el agua de los tres puntos de muestreo no era apta para el consumo humano ya que contenía demasiadas bacterias E. coli totales y termotolerantes, por lo que requería un proceso de tratamiento. Para los demás parámetros fisicoquímicos, todos estuvieron dentro de los límites, excepto la turbidez, que fue superada en el punto AS-03 en febrero;



el oxígeno disuelto, sulfatos, que se excedieron en el punto AS-02 en el mes de junio y nitritos que se excedieron en el punto AS-02 en el mes abril.

De acuerdo con el trabajo de tesis de (Morales, 2019), Titulado “Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano en el caserío Pata Pata centro poblado Pariamarca – Cajamarca – 2020”, donde se tuvo como Objetivo general: evaluar la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano en el caserío Pata Pata, Centro Poblado Pariamarca - Cajamarca, con base en los resultados del pH promedio de los tres pozos entubados en época de lluvia y seca respectivamente 7.12 y 7.27, la Conductividad Eléctrica en época de lluvia tuvo un valor de 1296 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en estiaje fue 1062 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La Dureza Total en época de lluvia presentó 720,4 mg/L y en estiaje fue 755 mg/L. Los coliformes totales en época de lluvia tuvo una concentración de 5400 NMP/100 ml y en estiaje fue 1400 NMP/100 ml. Para coliformes termotolerantes, en época de lluvia alcanza 2400 NMP/100 ml y en época seca alcanza 1300 NMP/100 ml. Los metales evaluados incluyeron Arsénico, Plomo, Cromo, Cadmio, los resultados no superaron los Límites Máximos Permisibles estipulados en el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano aprobado en el D.S. Número 031-2010-SA. Se concluyó que la calidad de las aguas subterráneas de los tres pozos tubulares muestreados no es aceptable para el consumo humano, porque los parámetros de Dureza total, Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes, superaron los LMP de la normativa vigente.

Valles y Ojeda (2013) realizaron una investigación para “diseñar y construir sistemas de filtros para pozos artesianos y su uso en el distrito de Villa Trompeteros-Rio Corrientes – Loreto. Para esto emplearon la determinación de



los parámetros que se aplicará al momento de la construcción del equipo, se podrá medir el caudal, el tiempo de residencia, pérdidas de carga o por fricción, la velocidad de filtración. Finalmente, concluyen que la elección de procesos de tratamiento que cumplan con los requisitos de carácter microbiológico y fisicoquímico sólo puede realizarse después de un estudio completo y detallado de la fuente y la cuenca hidrográfica, incluyendo la caracterización del agua y la identificación de posibles fuentes de contaminación.

2.1.3. Antecedentes regionales

Belizario (2011) indica que “la calidad de agua subterránea de la comunidad Carata del distrito Coata es deficiente (mala) y no son aptas para el consumo humano según los Límites Máximos Permisibles, sin embargo, la población utiliza el agua sin previo tratamiento y la mayoría de los pozos requieren de urgencia de un tratamiento sanitario adecuado, limpieza y cuidado permanente”.

Quispe (2017) indica que “en la región de Puno a la actualidad, la contaminación por la actividad antropogénica ha sido uno de los problemas fundamentales en el marco ambiental, principalmente en cuerpos de agua, así como en afluentes del lago Titicaca. El río Coata es contaminado directamente por los desechos sólidos producto de las actividades humanas en la ciudad de Juliaca, el ingreso de metales tóxicos y contaminantes al río, ocasionando la contaminación del agua, sedimentos y otros componentes de la diversidad ecológica. La concentración mínima de cadmio fue de 0.00 mg/kg, de cromo de 4.10 mg/kg y de plomo de 3.75 mg/kg. Se demuestra que si existe la presencia de las concentraciones de los metales pesados en las aguas superficiales de la parte



baja de la cuenca del río Coata, los metales pesados analizados y sus valores máximos fueron: aluminio 1.043 mg/L y 0.142 mg/L en ambas épocas de muestreo, cadmio 0.00 mg/L, cromo 0.00 mg/L, hierro 0.856 mg/L y 0.184 mg/L en ambas épocas de muestreo, manganeso 0.106 mg/L y 0.46 mg/L en ambas épocas, mercurio 0.00 mg/L, productos de las actividades humanas y lo que existe en la corteza.

2.2. MARCO TEÓRICO.

2.2.1. Calidad de agua

La calidad del agua se establece en función de una serie de características que varían entre propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, según lo explicado por Oscco (2019). El enfoque resalta que la valoración de la calidad fisicoquímica del agua se basa en la medición de sustancias químicas específicas que evalúen si el agua cumple con los criterios de aceptación o si se encuentra en un estado que podría afectar la salud.

Este proceso se apoya en un análisis de componentes que abarca la composición física, química y biológica del agua, considerando tanto su calidad natural como los efectos que tiene en los seres humanos y en los ecosistemas acuáticos (Worl, 2017). Es crucial garantizar la calidad del agua destinada al consumo humano, ya que diversos factores pueden afectarla, siendo las actividades humanas una de las principales fuentes de contaminación del agua, según señala Oscco, (2019). La calidad de un ambiente acuático se puede entender como a) una serie de concentraciones y especificaciones físicas de sustancias orgánicas e inorgánicas, y b) la composición y el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua. Dicha calidad puede variar en términos temporales



y espaciales debido a influencias externas e internas al sistema acuático, tal como argumenta (Oscoco, 2019). La calidad del agua abarca propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, y está intrínsecamente ligada al uso previsto del recurso. Así, no se trata simplemente de categorizar el agua como "buena" o "no buena", como explicó Oscoco, (2019).

Indiscutiblemente, la calidad del agua es un asunto de máxima relevancia en la época actual, en gran medida debido al significativo incremento de la población global, así como a la ampliación y progreso de las urbes. Esta preocupación por la calidad del agua también se acentúa en las regiones rurales, que enfrentan desafíos en este ámbito. La utilización de fertilizantes químicos en la agricultura puede provocar un exceso de nitrógeno y fósforo en las aguas subterráneas y superficiales (Sánchez *et al* 2016). Estos compuestos químicos en exceso son denominados "nutrientes" ya que actúan como sustento para las plantas, al mismo tiempo que deterioran la calidad del agua (Worl, 2017).

2.2.2. Agua subterránea

El agua que logra atravesar el subsuelo se refiere como la región no saturada y se eleva hasta el nivel del manto freático, situándose por encima de la zona saturada. Esta última se caracteriza por ser el espacio en el que tanto las rocas como el suelo se encuentran completamente empapados (Sánchez *et al* 2016). Este proceso constituye una parte fundamental del ciclo hidrológico, el cual implica la constante circulación del agua que entra a la tierra y la atmósfera mediante evaporación y precipitación. En lugar de evaporarse directamente, el agua se infiltra a través del subsuelo y da lugar a la formación de acuíferos subterráneos. La calidad del agua puede ser influenciada por sustancias contaminantes que



ingresan a la superficie del suelo, las cuales pueden filtrarse hasta alcanzar la capa freática. En el entorno de los acuíferos, el flujo del agua se mantiene relativamente constante en términos de velocidad y dirección, con velocidades promedio que pueden variar entre 10^{-10} y 10^{-3} m/s, y esto se debe a las propiedades de porosidad y permeabilidad del material sedimentario (Curo, 2017). Se refiere a la porción del agua que yace bajo la superficie terrestre, siendo posible su captación a través de aberturas, túneles o sumideros, o bien emergiendo de manera natural a la superficie a través de manantiales o filtraciones en los cursos de los ríos, como explica la SGL, (2011).

El agua subterránea juega un papel significativo dentro del volumen total de agua existente en el continente. Constituye una reserva que abarca exclusivamente el agua dulce del planeta y se localiza bajo la superficie de la corteza terrestre, por debajo del nivel freático donde los espacios porosos y las fracturas en el suelo se encuentran saturados. Estos depósitos, conocidos como acuíferos, tienen la capacidad de almacenar y llevar agua desde la superficie hacia el subsuelo (Hernández y Martínez, 2000).

Las aguas superficiales penetran gradualmente en el terreno a través de los espacios porosos y fisuras del suelo, llegando hasta un punto en el que todos estos vacíos están ocupados por agua. Este nivel se conoce como la zona freática o zona saturada de la superficie (Ordoñez, 2011). El agua se desplaza de manera pausada a través del acuífero, alternando entre la zona saturada y la no saturada, alcanzando finalmente el nivel freático. Este último se renueva y recarga de manera natural mediante la percolación causada por las precipitaciones y el escurrimiento superficial. Estos procesos contribuyen al manejo de este recurso



hídrico, así como a la utilización y preservación adecuada de los recursos hídricos subterráneos (Ramos y Villarroya, 2009).

El agua subterránea fluye de manera innata hacia la superficie, siguiendo trayectorias naturales a través de zonas permeables, brotes de agua, corrientes fluviales o incluso en dirección al mar (Sánchez *et al* 2016). Además, el agua subterránea puede ser extraída de manera artificial mediante el empleo de pozos. Estos pozos, que pueden adoptar la forma de agujeros, excavaciones o incluso túneles verticales, se perforan en el suelo hasta alcanzar una profundidad suficiente para acceder al nivel freático. Otras variantes de extracción también son empleadas (Fuentes, 2002). Todo este proceso tiene como propósito la obtención de agua desde el manto freático para diversos propósitos, ya sean de carácter doméstico o industrial (Pritchard, 2010).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. Agua potable

El agua potable es un elemento esencial (SUNASS, 2004). El agua potable debe ser segura e inofensiva, y se describe como aquella que no representa un peligro significativo para la salud de los consumidores a lo largo de sus vidas. Sin embargo, está expuesto a diversos tipos de contaminación. Dada la importancia de asegurar el consumo de agua segura, es fundamental prestar atención a esta necesidad. Las poblaciones corren el riesgo de contraer enfermedades a través de esta vía, especialmente los lactantes y los niños en edad escolar, que son más vulnerables a las infecciones. Por lo tanto, el agua potable debe cumplir con estándares óptimos para el consumo y la higiene personal (OMS, 2006).



El agua puede albergar una diversidad de sustancias químicas y biológicas que están disueltas o suspendidas en ella. Al disolver componentes químicos, el agua proporciona los elementos necesarios para sustentar la vida humana. Para que el suministro de agua sea beneficioso, debe ser adecuado en cantidad, calidad y accesibilidad, contribuyendo directamente a la salud de quienes la consumen (Sánchez *et al.*, 2016). Por fin, es esencial tomar todas las medidas posibles para asegurar su seguridad en su recorrido a través de la superficie terrestre al filtrarse a través del suelo. Además, el agua contiene organismos vivos que pueden interactuar con componentes físicos y químicos, y aunque en ocasiones estos pueden ser perjudiciales para ciertos procesos industriales, también pueden ser completamente apropiados para otros (Romero, 2010). En áreas con formaciones calcáreas, las aguas subterráneas podrían presentar una elevada concentración de bicarbonatos de calcio, lo que implica la necesidad de someterlas a procesos de ablandamiento antes de su uso público. En este contexto, es fundamental que las cualidades físicas, químicas y biológicas del agua cumplan con los estándares definidos tanto a nivel nacional como internacional (Orellana, 2005).

Evaluar los atributos de la calidad del agua conforme a su empleo resulta de gran importancia con el fin de determinar si se requiere o no su tratamiento, y emplear el procedimiento más adecuado para alcanzar la calidad deseada. En este sentido, se recurre a normativas de calidad para supervisar y ajustar los procesos de tratamiento cuando sea necesario (Romero, 2009). Este análisis implica la evaluación de sus características físicas, químicas y microbiológicas, y dicha evaluación debe ser reconocida a nivel global para posibilitar su comparación con estándares de calidad como los establecidos por los Estados Unidos y la Organización Mundial de la Salud (Orellana, 2005).



2.3.2. Calidad de aguas subterráneas

La evaluación de la calidad del agua es un aspecto de gran relevancia en las investigaciones relacionadas con las aguas subterráneas. La calidad de los recursos hídricos subterráneos es un factor de igual importancia, ya que esta calidad incide directamente en su idoneidad para diversos usos. Por consiguiente, con el fin de garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los recursos hídricos subterráneos, resulta esencial llevar a cabo un monitoreo constante de la calidad del agua (Castillo, 2021).

La calidad del agua subterránea se relaciona con la temperatura del agua, la concentración de sólidos disueltos y la ausencia de elementos tóxicos y microorganismos contaminantes (López *et al.*, 2009).

La calidad del agua subterránea se determina por las interacciones químicas y biológicas que tienen lugar en las áreas a través de las cuales el agua se desplaza (Gidahatari, 2014).

2.3.3. Consumo humano

El consumo humano hace referencia a la utilización de productos y servicios por parte de los individuos con el propósito de satisfacer sus requerimientos fundamentales y aspiraciones. En el ámbito del agua, el consumo humano de este recurso implica la utilización de agua apta para el consumo para atender las necesidades esenciales de las personas, como beber, cocinar, higiene personal y saneamiento (Seda, 2011).

El consumo humano de agua engloba la utilización del agua con el propósito de cubrir los requerimientos esenciales de las personas, como ingerir,



cocinar, asear, lavar prendas y objetos, junto a otros usos de índole doméstico. Este aspecto es de primordial importancia para preservar la vida y el bienestar de los individuos (Brandt *et al.*, 2013).

El derecho al acceso al agua potable para el consumo humano es una prerrogativa humana oficialmente reconocida por las Naciones Unidas, y los gobiernos ostentan la responsabilidad de asegurar que cada individuo cuente con la posibilidad de acceder a agua potable y servicios básicos de saneamiento. Esto conlleva la aplicación de políticas y medidas dirigidas a salvaguardar las fuentes de agua, erigir infraestructuras para el abastecimiento de agua y fomentar hábitos de higiene adecuados (Brandt *et al.*, 2013).

2.3.4. Evaluación de agua subterránea

La evaluación de aguas subterráneas se trata del procedimiento de recolectar, examinar y valorar información con el propósito de establecer tanto la calidad como la cantidad de agua existente en los acuíferos subterráneos (Ordoñez, 2011).

La evaluación significa más que una simple caracterización hidrogeológica: incluye todos los demás aspectos (por ejemplo, sociales, económicos, ecológicos) necesarios para comprender los recursos y su estado de acuerdo con el propósito de la evaluación. (Calvete, 2018).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se desarrolla en la comunidad campesina de Carata, perteneciente al distrito de Coata, provincia de Puno y departamento de Puno. En esta área, se seleccionarán cinco puntos estratégicos para llevar a cabo la recolección de muestras, los cuales son los mismos sitios utilizados en la actualidad para el abastecimiento de agua destinada al consumo humano. (figura 1, figura 2). La superficie del ámbito de estudio es de 7.20 Km² al Sur Oeste del distrito Coata y tiene un aproximado de 3,188 habitantes.

3.1.1. Ubicación política

- Región : Puno
- Departamento : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Coata
- Localidad : Comunidad de Carata

3.1.2. Ubicación Geográfica:

La zona de estudio geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas:

- Latitud Sur : 15°34'00"
- Longitud Oeste : 69°56'51"
- Altitud : 3,818 m.s.n.m. a 3,821 m.s.n.m.

3.1.3. Clima:

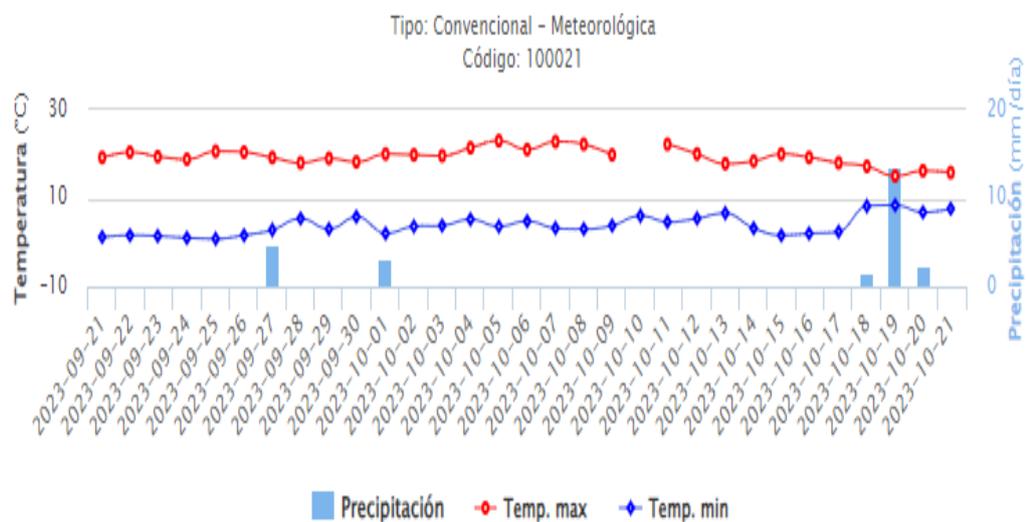
En Coata, los veranos son cortos, frescos y nublados; los inviernos son cortos, muy frío y mayormente despejados con una intensidad de calor fuerte durante la temporada.

3.1.4. Precipitación

Se tiene una precipitación diaria en 12 mm/día que corresponde al 21 de setiembre del 2023 al 21 de octubre del 2023, con rango de temperatura de -10 a 30 °C existiendo precipitación 19 de octubre del 2023

Figura 3

Precipitación diaria según SENAMHI, CO 100021



Fuente: SENAMHI -2023.

3.1.5. Temperatura

Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -4 °C a 17 °C y rara vez baja a menos de -6 °C o sube a más de 20 °C. sin embargo la temperatura promedio en de 12 °C a 14 °C temperatura muy usual de la zona de Carata sin embargo por efectos del cambio climático esta viene modificándose

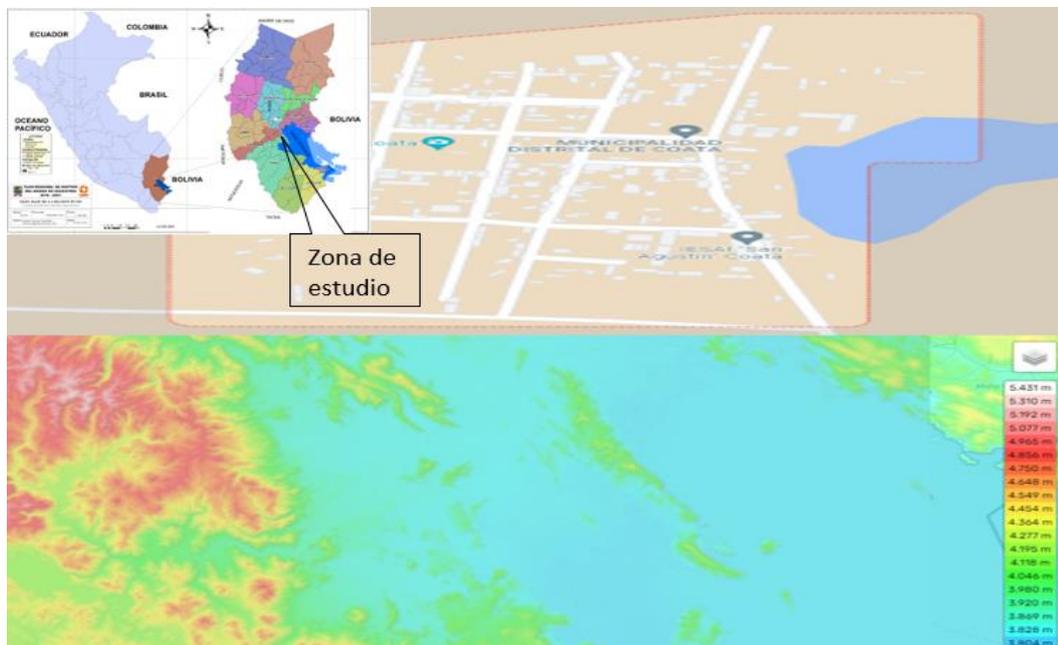
alcanzando una temperatura actual de 10 °C y 15 °C entre los meses de julio agosto y de diciembre a marzo de 15 °C a 20 °C, mientras que las mínimas nocturnas son más suaves, generalmente entre 5 °C y 10 °C.

3.1.6. Topografía

El terreno en el distrito de Coata exhibe una topografía diversa, siendo en su mayoría una zona plana, aunque muestra ondulaciones en las áreas del este y norte del distrito según topographic-map.com, Mapa topográfico Coata, con relieve. Lugar: Coata, Puno, Perú (-15.62437 -70.01493 -15.50637 -69.84639), Altitud media: 3.843 m, Altitud mínima: 3,807 m, Altitud máxima: 3,822 m, Elevación de la superficie: 3.812 m.

Figura 4

Mapa topográfico del distrito de Coata



Fuente: topographic-map.com

3.1.7. Límites

Los límites del área de investigación se establecen de la siguiente manera: Al norte, limita con la comunidad campesina de Lluco y a la vez la comunidad campesina de Llachahui; al sur, con la circunscripción de Huata; al este, su límite es el lago Titicaca y la comunidad campesina de Jochi San Francisco; Finalmente, al oeste, limita con el distrito de Huata, la comunidad campesina de Llachahui y el distrito de Caracoto, que forma parte de la Provincia de San Román.

3.1.8. Vías de comunicación y accesibilidad

La entrada a la zona de estudio se lleva a cabo partiendo desde la ciudad de Puno y dirigiéndose hacia el noreste. Es posible acceder a esta área utilizando vehículos particulares u otros medios de transporte.

Tabla 1

Accesibilidad a zona de investigación

Ruta	Distancia (aprox. km)	Tiempo (Apróx. min.)	Tipo de vía	Medio de transporte
Puno - Desvió Capachica	25	25	Asfaltado	Vehicular
Desvió Capachica	12	20	Asfaltado	Vehicular
Huata - Coata	7	10	Asfaltado	Vehicular
Coata – zona de estudio	4	8	Trocha carrozable	Vehicular

Fuente: elaboración del investigador

3.1.9. Ubicación de los puntos de muestreo

Los puntos de muestreo se han efectuado según la derivación de la población de estudio identificando en cinco puntos de georreferenciación

considerando la altura mediante las coordenadas de norte a este para cada pozo de estudio.

Tabla 2

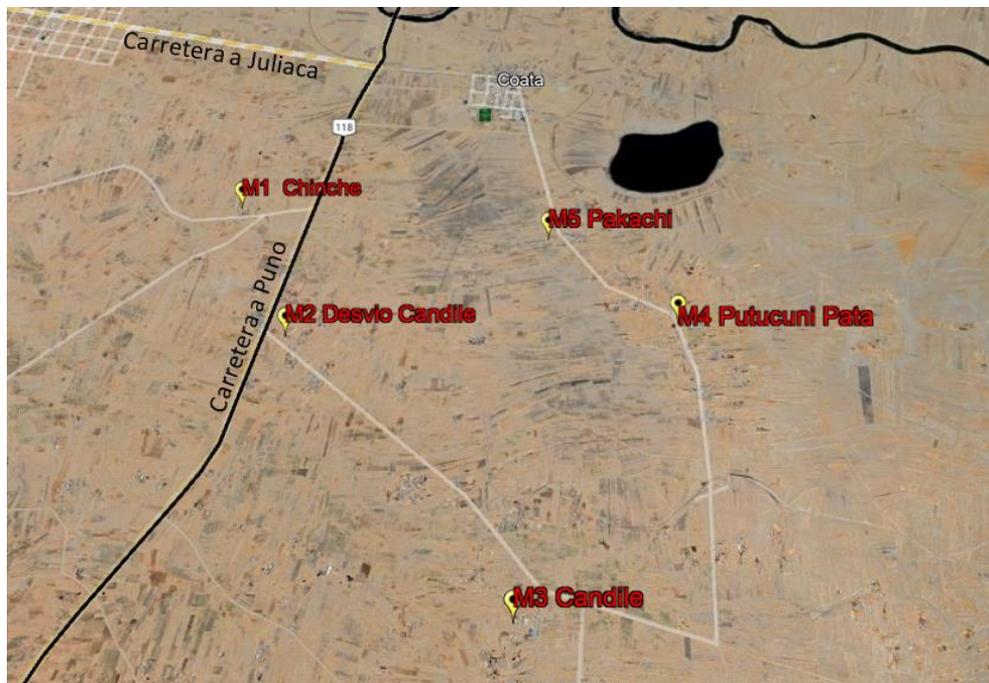
Geo referencia de los puntos de la muestra de estudio

Punto de muestreo	Norte	Este	Altura	Descripción
M1	8277377	396716	3824	Chinche
M2	8276532	397061	3825	Desvio Candile
M3	8274981	398297	3824	Candile
M4	8276623	399132	3824	Putucuni Pata
M5	8277147	398472	3823	Pakachi

Fuente: levantamiento en campo.

Figura 5

Localización de los puntos de muestreo de agua subterránea



Fuente: georreferenciación, imagen satelital.



3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según la tipología de indagación se adecua al tipo aplicado, que tiene la bondad de exteriorizar un hecho real bajo un contexto científico, es decir este procedimiento conceptualizado en un contenido teórico y teorías son aplicados en la solución de un problema (Hernandez, 2020), es decir en la búsqueda y consolidación del conocimiento afirmado por (Suárez, 2011), Esto implica que estos conocimientos encuentran aplicabilidad en situaciones concretas, lo que a su vez contribuye a enriquecer la comprensión de los conceptos teóricos relacionados con la calidad del recurso hídrico subterránea destinada al consumo humano.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Siguiendo la tipología del estudio, se empleó el diseño no experimental de corte longitudinal con enfoque descriptivo. Este enfoque presenta la ventaja de permitir la observación de las variables de interés con el propósito de recopilar información sobre la calidad del agua subterránea destinada al consumo humano. En este enfoque, el procedimiento se lleva a cabo sin intervención intencionada por parte del investigador (Hernández y Mendoza, 2018), en lugar de ello, los hechos se describen tal como se presentan. En este sentido, la recolección de información se realiza en distintos momentos y etapas debido a la naturaleza longitudinal (Hernández y Mendoza, 2018), En otras palabras, la información primaria acerca de la calidad del agua subterránea se registra a lo largo de diversos intervalos temporales. Además, el enfoque empleado se caracteriza por su naturaleza analítica, basado en un procedimiento metodológico que busca la construcción de conceptos teóricos sobre la calidad del agua subterránea. Los procesos de presentación de resultados se llevan a cabo de manera ordenada y lógica, apoyados en la racionalidad. A su vez, este enfoque abarca tanto aspectos descriptivos como



explicativos, y su metodología se basó en el enfoque hipotético-inductivo. Este método nos permitió plantear hipótesis de manera hipotética, sin la necesidad de una verificación estadística exhaustiva (Oscoco, 2019).

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.4.1. Técnicas

Fue empleada la técnica de observación (Mejía, 2005) en relación con la variable objeto de estudio, es decir, se realizó una observación detallada de la calidad del agua subterránea destinada al consumo humano durante todo el proceso de investigación.

3.4.2. Instrumentos

El instrumento utilizado es la guía de observación y lista de cotejo (Mejía, 2021), que posibilita la recopilación de datos primarios mediante el registro tanto de información cualitativa como cuantitativa. Se aplicó este instrumento en los cinco pozos y/o puntos, lugar de toma de muestra del recurso agua subterránea, específicamente en los lugares seleccionados; Chinche M1, Desvio Candile M2, Candile M3, Putucuni Pata M4, Pakachi M5

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. Población

Definido como el conjunto de elementos interconectados, como objetos o individuos, que están vinculados de diversas maneras, tal como lo sostiene Hernández, (2015), también puede definirse como la cantidad de elementos que representan un estudio y que puede ser finita o infinita, tal como lo menciona



Suárez, (2011). En este contexto, en el análisis, la población de interés abarca los cinco puntos de muestreo de agua subterránea, es decir, los lugares de muestra específicos denominados Chinche M1, Desvio Candile M2, Candile M3, Putucuni Pata M4, Pakachi M5

3.5.2. Muestra

Según lo planteado por Gotuzzo (2018), se entiende que una muestra es un "subconjunto de una población que se considera representativo de dicha población". Además, Diaz (2015), la define como una porción específica que se somete a análisis. En este contexto, la selección de la muestra en el presente estudio se basa en un enfoque no probabilístico por conveniencia (intencional) por parte del investigador. Esta muestra está compuesta por los cinco pozos y/o puntos de muestreo: Chinche M1, Desvio Candile M2, Candile M3, Putucuni Pata M4, Pakachi M5 es decir, se trata de la misma población de estudio, considerando la recopilación y análisis de información de todos los miembros de la población por utilizar una muestra representativa más pequeña, debido a la eficiencia, vialidad y precisión por ser una población y muestra pequeña se consideró el total de la población de estudio.

3.6. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.6.1. Descripción de la metodología.

Caracterizar las concentraciones de los componentes químicos existentes en las aguas subterráneas en el área de estudio.

Determinación de los lugares estratégicos para la recolección de muestras de acuerdo con las directrices establecidas por el técnico de laboratorio, agregando



a lo anterior la toma de muestra en los embaces esterilizados previamente enviados por el laboratorio certificado por la INACAL, siguiendo los pasos de la toma de muestra indicada en los registros del laboratorista como también en la norma ISO 5667-5:2001 “Guía para muestreo de agua para consumo humano y agua utilizada para procesamiento de comidas y bebidas”.

En esa misma línea, el registro de muestreo según el formato del laboratorio certificados, codificando a cada muestra y anotando todos los datos necesarios obtenidos en los trabajos de campo, en tal sentido él envió de las muestras al laboratorio con certificación para llevar a cabo el análisis y obtener los resultados de cada componente químico y verificación de los datos obtenidos y selección de los datos a analizar como el arsénico y los metales pesados.

Caracterizar el contenido de arsénico y metales pesados en las aguas subterráneas de la comunidad de Carata.

El laboratorio certificado realizará el análisis de las aguas subterráneas conforme a las normas técnicas peruanas actualizadas y una vez obtenido los resultados y enviar todos los datos obtenidos se procederá a realizar su respectivo análisis, así mismo una vez que se dispongan de los resultados del laboratorio, se llevará a cabo un de los datos obtenidos mediante el análisis de comparación con los estándares establecidos de los L.M.P. para el consumo de agua potable, en ese mismo contexto en la zona de investigación, se recopilarán los datos sobre el contenido de arsénico, ya que este compuesto representa una mayor amenaza para la salud de los habitantes. Estos datos se someterán a un análisis en comparación con los L.M.P. para agua destinada al consumo humano, según las normativas establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y (DIGESA), en tal



sentido de acuerdo con las investigaciones científicas realizadas a cabo en el río Coata, se llegará a la conclusión de que existe metales pesados en el H₂O. En el contexto de este estudio actual, se procederá a analizar el impacto de los metales pesados en las aguas subterráneas, además realizará la interpretación de la comparación de datos con el propósito de mostrar la calidad del agua que está siendo consumida en el área de investigación, específicamente con relación a cada uno de los pozos.

Proponer un sistema de saneamiento básico unifamiliar en la zona de estudio en función de los contaminantes presentes en el agua.

A través de analizar los resultados derivados del procesamiento de datos, se obtendrá información sobre la calidad del agua que las familias consumen, además llevar a cabo la detección de las fuentes primordiales de contaminación que inciden en las aguas subterráneas en la región de enfoque es el primer paso hacia la formulación de acciones de corrección destinadas a proteger estas fuentes de agua tan cruciales para la comunidad de Carata, ubicada en el distrito de Coatá, al mismo tiempo basándonos en el análisis de los resultados, se elaborará una propuesta de un sistema de saneamiento elemental para purificar el agua subterránea destinada al consumo humano, con el objetivo de elevar la calidad de vida de los miembros de las familias en la comunidad, agregando a lo anterior se plantearán enfoques para eliminar el arsénico mediante el uso de recursos accesibles para todos los habitantes, como el carbón activado, sistemas de filtración con capas de arena diferenciadas, y otros materiales disponibles en la comunidad.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

Para la obtención de los resultados se aplicó el procedimiento analítico, es decir basado en un procedimiento metodológico, de forma ordenada, es ese sentido según la propuesta se plantea el siguiente procedimiento para la obtención de los resultados que permita la caracterización de las concentraciones de componentes químicos del agua subterránea, donde primeramente se efectúa la identificación y la georreferenciación de los puntos de muestreo en las zonas que corresponde a los cinco pozos de Chinche M1, Desvio Candile M2, Candile M3, Putucuni Pata M4, Pakachi M5

4.1.1. Concentraciones de los componentes químicos existentes en las aguas subterráneas

- Plata

Se han identificado en ocasiones niveles de plata en aguas subterráneas y superficiales, así como en agua destinada al consumo humano, que exceden los 5 $\mu\text{g/l}$. En el caso del agua tratada con plata para fines de desinfección, las concentraciones pueden incluso superar los 50 $\mu\text{g/l}$. Según estimaciones recientes, la ingesta diaria de plata por persona se sitúa en aproximadamente 7 μg . En el análisis realizado, se observaron concentraciones de plata en las muestras M1, M2, M3 y M4, que fueron todas menores a 0.00005 mg/L, excepto en el caso de la M5, que fue menor a 0.00006 mg/L. En otras palabras, los 7 μg equivalen a 0,007 mg, lo que es mayor que las concentraciones medidas en las muestras M1, M2, M3, M4 y M5.



- **Aluminio**

Las fuentes más típicas de aluminio en el agua destinada al consumo humano son de origen natural y las ventas de aluminio que se emplean como coagulantes durante el tratamiento del agua. En muchas ocasiones, se encuentran concentraciones de aluminio por debajo de 0.9 mg/L. Sin embargo, no existen pruebas disponibles que permitan establecer un valor de referencia basado en los efectos en la salud debido al aluminio presente en el agua potable. En este contexto, los resultados de aluminio en las muestras M1 (0.22 mg/L), M2 (0.40 mg/L), M3 (0.19 mg/L), M4 (0.07 mg/L) y M5 (0.056 mg/L) se encuentra por debajo de los LMP que dicta la norma, sin embargo, las muestras M1 (0.22 mg/L), M2 (0.40 mg/L) muestran que los valores están por encima del estándar de calidad del agua, que dicta que debe ser inferior a 0.2 mg/L. lo cual es perjudicial para la salud de los pobladores que lo consumen.

- **Arsénico**

En algunas regiones, particularmente en el caso del agua subterránea, es posible encontrar elevadas concentraciones de arsénico en las fuentes de agua potable. Este arsénico puede tener un impacto significativo en la salud en ciertas áreas; por lo tanto, se considera una sustancia de gran importancia en las evaluaciones regulares de calidad del agua para consumo humano. La concentración de arsénico suele estar relacionada con la profundidad de los pozos de agua. En este contexto, los resultados del análisis arrojaron lo siguiente para las muestras: M1 (0.001787 mg/L), M2 (0.1065 mg/L), M3 (0.00531 mg/L), M4 (0.00867 mg/L) y M5 (0.01558 mg/l). De acuerdo con la legislación peruana, el límite permisible para el arsénico en el agua potable es de 0.01 mg/L. Por lo tanto, los valores obtenidos en las pruebas de laboratorio indican que las muestras M1



(0.001787 mg/L), M5 (0.01558 mg/L) y M2 (0.1065 mg/L) superan este límite permisible de 0.01 mg/L. Por otro lado, solo las muestras M3 (0.00531 mg/L) y M4 (0.00867 mg/L) están por debajo de este límite.

- **Boro**

El boro se encuentra de manera natural en aguas subterráneas, principalmente debido a la filtración de rocas y suelos que contienen compuestos de borato y borosilicatos. En el caso de las aguas superficiales, la presencia de borato puede aumentar debido a descargas de aguas residuales, aunque este fenómeno ha disminuido considerablemente. Por lo tanto, los resultados de las pruebas arrojaron los siguientes valores: M1 (0.120), M2 (0.195), M3 (0.250), M4 (0.412) y M5 (0.852). Según la legislación peruana, el límite permisible para el boro en el agua es de 2.4 mg/L. En este contexto, todas las muestras, es decir, M1 (0.120), M2 (0.195), M3 (0.250), M4 (0.412) y M5 (0.852), se encuentran por debajo de los estándares de calidad del agua, que establecen un valor máximo de 2.4 mg/L según las regulaciones peruanas.

- **Bario**

El bario presente en el agua proviene de fuentes naturales, y la principal fuente de ingestión para la población que no está expuesta ocupacionalmente es a través de los alimentos. No obstante, las concentraciones medidas en las muestras, específicamente M1 (0.3125 mg/L), M2 (0.1442 mg/L), M3 (0.0392 mg/L), M4 (0.3145 mg/L) y M5 (0.1241 mg/L), se sitúan por debajo del nivel óptimo para el consumo humano, que es de 0.7 mg/L. Estos valores de las cinco muestras M1 (0.3125 mg/L), M2 (0.1442 mg/L), M3 (0.0392 mg/L), M4 (0.3145 mg/L) y M5 (0.1241 mg/L), cumplen con los estándares de calidad del agua, que estableció un límite de 0.7 mg/L de acuerdo con las regulaciones peruanas.



- **Berilio**

Se puede determinar un valor de referencia para el berilio en el agua potable basado en la salud, que es de 0.012 mg/l. En este sentido, según los resultados obtenidos en las muestras, específicamente M1 (<0.00002 mg/L), M2 (<0.00003 mg/L), M3 (<0.00002 mg/L), M4 (<0.00002 mg/L) y M5. (<0.00005 mg/L), todas ellas se encuentran por debajo de los estándares de calidad del agua. La normativa peruana establece un límite de 0.012 mg/L, lo que significa que los valores obtenidos en las cinco muestras son inferiores a este límite establecido.

- **Bismuto**

A pesar de que el bismuto se considera un metal de baja toxicidad, se han documentado efectos perjudiciales en situaciones de concentraciones elevadas. La Organización Mundial de la Salud no establece un valor de referencia para el bismuto en sus "Pautas para la calidad del agua potable", ya que los niveles típicos encontrados en el agua potable generalmente no generan preocupaciones. Esto se debe a que los valores de bismuto detectados en las muestras, a saber, M1 (<0.0001 mg/L), M2 (<0.0001 mg/L), M3 (<0.0001 mg/L), M4 (<0.0001 mg/L) y M5 (<0.0001 mg/L), se ubican por debajo de los límites convencionales de preocupación.

- **Calcio**

En el agua destinada al consumo humano, la dureza generalmente varía en un rango que va desde 10 hasta 500 miligramos de carbonato de calcio por litro. Para la OMS, el umbral de tolerancia habitual oscila entre los 100 y los 300 miligramos, aunque se indica que muchos consumidores aceptan valores superiores (hasta 500 mg/l) en este sentido los resultados de calcio obtenidos para las distintas muestras se tiene los valores de M1 103.80 mg/L, M2 43.88 mg/L,



M3 136.99mg/L, M4 287.80 mg/L, M5 274.20 mg/L; sin embargo, podemos precisar que dicho valor no tiene estipulado en la normatividad peruana valores estándares de calidad permisibles para el consumo, sin embargo según la normatividad de la OMS, se tiene hasta 500 mg/litro, por lo que podemos precisar que los valores de M1 103.80 mg/L, M2 43.88mg/L, M3 136.99mg/L, M4 287.80mg/L, M5 274.20 mg/L, estaría por debajo de los valores estipulados por la OMS.

- **Cadmio**

La principal fuente de exposición diaria al cadmio es a través de la ingesta de alimentos, con dosis diarias que varían entre 10 y 35 microgramos. Además, el consumo de tabaco representa una fuente adicional significativa de exposición al cadmio. En este contexto, los resultados de las muestras de agua para el cadmio son los siguientes: M1 (0.00005 mg/L), M2 (0.00001 mg/L), M3 (0.00003 mg/L), M4 (0.00009 mg/L) y M5 (0.00005 mg/l). Estos valores están por debajo del límite establecido en la normativa peruana, que es de 0.003 mg/L para el cadmio en agua de calidad.

- **Cerio**

El cerio se acumulará gradualmente en los suelos y en el agua de los suelos y esto llevará finalmente a incrementar la concentración en humanos, animales y partículas del suelo. En tal sentido para cerio se ha obtenido los siguientes valores M1 0.00065 mg/L, M2 0.00078 mg/L, M3 0.00033 mg/L, M4 0.00005 mg/L, M5 0.00043 mg/L.

- **Cobalto**



El cobalto se mete en el agua o el suelo se adhiere a otras partículas. Algunos compuestos de cobalto pueden disolverse. El cobalto radiactivo se descompone o cambia a una sustancia estable que no es radiactiva en tal sentido para cobalto se tiene los siguientes valores M1 0.00026 mg/L, M2 0.00028mg/L, M3 0.00022 mg/L, M4 0.00015 mg/L, M5 0.00232 mg/L.

- **Cromo**

El cromo es un elemento que se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre y puede existir en diferentes estados de oxidación, desde 2 hasta 6. En general, los alimentos parecen ser la principal fuente de cromo. El cromo (III) se considera un nutriente esencial. En el análisis de las muestras de agua para el cromo, los resultados fueron los siguientes: M1 (0.00033 mg/L), M2 (0.00072 mg/L), M3 (0.00041 mg/L), M4 (0.00058 mg/L) y M5 (0.00070 mg/l). Estos valores están por debajo del límite establecido en la normativa peruana para la calidad del agua, que es de 0.05 mg/L. Por lo tanto, todas las muestras, es decir, M1 (0.00033 mg/L), M2 (0.00072 mg/L), M3 (0.00041 mg/L), M4 (0.00058 mg/L) y M5 (0.00070 mg/L), cumplen con los estándares y pueden considerarse aptas para el consumo en términos de cromo.

- **Cesio**

El cesio metálico puro responde violentamente con el aire o el agua, provocando una explosión. Los compuestos de cesio no reaccionan violentamente con el aire o con el agua y generalmente son muy solubles en agua en tal sentido se obtuvieron los siguientes resultados M1 (0.00012 mg/L), M2 (0.00055 mg/L), M3 (0.00010 mg/L), M4 (0.00022 mg/L) y M5 (0.00040 mg/L).



- **Cobre**

La concentración de cobre en el agua potable debe mantenerse por debajo de 2 mg/L, aunque en realidad suele ser de solo unos pocos microgramos por litro (ug/L), dependiendo de factores como la dureza, el pH, la presencia de aniones, la concentración de oxígeno, la temperatura y las condiciones técnicas del sistema de distribución. Cuando el agua se almacena en recipientes de cobre, la concentración de cobre puede llegar a varios mg/L (Salud D. G.). En el análisis de las muestras, los resultados fueron los siguientes: M1 (0.001 mg/L), M2 (0.002 mg/L), M3 (0.001 mg/L), M4 (0.002 mg/L) y M5 (0.003 mg/L). Estos valores, que se encuentran por debajo de 2 mg/L, cumplen con los estándares establecidos en la normativa, lo que significa que todas las muestras M1 (0.001 mg/L), M2 (0.002 mg/L), M3 (0.001 mg /L), M4 (0.002 mg/L) y M5 (0.003 mg/L) son aptas en términos de la concentración de cobre para el consumo humano.

- **Hierro**

Los niveles de hierro en el agua, cuando alcanzan valores de 0.3 mg/L, tienen el efecto de manchar la ropa lavada y los componentes de fontanería. Por lo general, no se percibe ningún sabor desagradable en el agua con concentraciones de hierro por debajo de 0.3 mg/L, aunque pueden surgir problemas de turbidez y decoloración. No se ha establecido un valor de referencia basado en los efectos sobre la salud por la presencia de hierro en el agua. En este contexto, los resultados obtenidos en las cinco muestras son los siguientes: M1 (0.123 mg/L), M2 (0.404 mg/L), M3 (0.149 mg/L), M4 (0.020 mg/L) y M5 (0.631 mg/l). De acuerdo con los estándares de calidad del agua, la concentración de hierro debería mantenerse en 0.3 mg/L. En este sentido, las muestras M1 (0.123 mg/L), M3 (0.149 mg/L) y M4 (0.020 mg/L) cumplen con este estándar de calidad



del agua. Sin embargo, las muestras M2 (0.404 mg/L) y M5 (0.631 mg/L) superan dicho estándar.

- **Mercurio**

El consumo promedio de mercurio a través de los alimentos varía entre 2 y 20 microgramos por día por persona en diferentes regiones. En este contexto, los resultados de las muestras de agua arrojaron lo siguiente: M1 (<0.0005 mg/L), M2 (<0.0005 mg/L), M3 (<0.0005 mg/L), M4 (<0.0005 mg/L) y M5 (<0.0005 mg/L). Estos valores están por debajo del estándar de calidad del agua, el cual se establece en 0.001 mg/L. En otras palabras, todas las muestras, es decir, M1 (<0.0005 mg/L), M2 (<0.0005 mg/L), M3 (<0.0005 mg/L), M4 (<0.0005 mg/L) y M5 (< 0.0005 mg/L), presentan concentraciones inferiores a dicho estándar, indicando que los niveles de mercurio son más bajos que el límite aceptable de 0.001 mg/L en todas las muestras.

- **Potasio**

La cantidad diaria recomendada de potasio es superior a 3000 mg. El potasio se encuentra de manera abundante en el entorno, incluyendo todas las fuentes de agua natural. En este contexto, los resultados obtenidos para las muestras M1 (9.81 mg/L), M2 (21.77 mg/L), M3 (8.60 mg/L), M4 (15.42 mg/L) y M5 (13.44 mg/L) indican que las concentraciones de potasio en todas las muestras son inferiores al requerimiento diario recomendado de 3000 mg/L.

- **Litio**

El litio es un metal blanco plateado en su forma pura donde no se encuentra naturalmente debido a su alta reactividad, ya que reaccionan fácilmente con agua, oxígeno y otras sustancias del aire para formar otros compuestos en tal sentido se



obtuvo los siguientes resultados por muestra, para la M1 (0.04204 mg/L), M2 (0.04067 mg/L), M3 (0.05867 mg/L), M4 (0.09576 mg/L) y M5 (0.170078 mg/L).

- **Magnesio**

El magnesio es un metal liviano, moderadamente resistente y de color blanco plateado. En condiciones normales en la Tierra, el magnesio se encuentra en estado sólido. Tiene una masa atómica de 24.305 g/mol y una densidad de 1.738 g/ml. Los resultados de las cinco muestras, que son los siguientes: M1 (25.48 mg/L), M2 (10.23 mg/L), M3 (29.33 mg/L), M4 (81.00 mg/L) y M5 (111.22 mg/L), indican las concentraciones de magnesio encontradas en cada una de ellas.

- **Manganeso**

Las concentraciones de manganeso por debajo de 0.1 mg/L son generalmente aceptables para los consumidores. Incluso a una concentración de 0.2 mg/L, el manganeso a menudo formará una capa en las tuberías que puede desprenderse en forma de un precipitado negro. El valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el manganeso es de 0.4 mg/L, lo que es mayor que el umbral de aceptabilidad mencionado de 0.1 mg/L. Los resultados de las cinco muestras, que son los siguientes: M1 (0.2243 mg/L), M2 (0.0385 mg/L), M3 (0.4458 mg/L), M4 (0.0454 mg/L) y M5 (3.406 mg/L), indican las concentraciones de manganeso encontradas en cada una de ellas. En este contexto, las muestras M1 (0.2243 mg/L), M2 (0.0385 mg/L) y M4 (0.0454 mg/L) cumplen con el valor de referencia de 0.4 mg/L. Sin embargo, la muestra M5 (3.406 mg/L) supera este estándar de calidad del agua.



- **Molibdeno**

El molibdeno es un elemento esencial y se estima que la ingesta diaria requerida para un adulto está en el rango de 0.1 - 0.3 mg. Debido a que el molibdeno se encuentra en concentraciones muy bajas en el agua destinada al consumo humano, no se considera necesario establecer un valor de referencia formal. En su lugar, se puede utilizar un valor basado en la salud como guía. Los resultados obtenidos para las muestras de agua son los siguientes: M1 (0.0013 mg/L), M2 (0.0046 mg/L), M3 (0.0035 mg/L), M4 (<0.0001 mg/L) y M5 (0.0040 mg/L). Todos estos valores están por debajo de 0.07 mg/L. En consecuencia, se puede concluir que el agua es adecuada para el consumo según los resultados analizados.

- **Sodio**

Aunque las concentraciones de sodio en el agua potable generalmente son menores a 40 mg/l, en algunas naciones pueden ser significativamente superiores a este nivel. Los resultados obtenidos en el análisis de las cinco muestras de agua para el sodio son los siguientes: M1 (23.17 mg/L), M2 (36.88 mg/L), M3 (40.80 mg/L), M4 (155.10 mg/L) y M5 (331,32 mg/L). De acuerdo con las pautas de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el valor aceptable para el sodio en el agua es de 40 mg/l. En este contexto, las muestras M1 (23.17 mg/L) y M2 (36.88 mg/L) cumplen con este límite de 40 mg/l, ya que están por debajo de dicho valor. Sin embargo, las muestras M3 (40.80 mg/L), M4 (155.10 mg/L) y M5 (331.32 mg/L) superan el límite permitido de 40 mg/l, según las directrices de la OMS.

- **Níquel**

Las concentraciones de níquel suelen ser bajas cuando provienen de tuberías y accesorios de acero inoxidable. La contaminación por níquel disminuye



con el tiempo y la liberación de níquel disminuye a medida que pasa el tiempo. También se puede reducir la lixiviación de níquel al aumentar el pH para controlar la corrosión de otros materiales. En el análisis de las muestras, los resultados obtenidos para el níquel son los siguientes: M1 (0.0004 mg/L), M2 (0.0007 mg/L), M3 (0.0005 mg/L), M4 (0.0009 mg/L) y M5 (0.0025 mg/l). Estos valores están por debajo del estándar de calidad del agua, que es de 0.07 mg/L. En otras palabras, todas las muestras, es decir, M1 (0.0004 mg/L), M2 (0.0007 mg/L), M3 (0.0005 mg/L), M4 (0.0009 mg/L) y M5 (0.0025 mg/L), son adecuados para el consumo en términos de níquel.

- **Fosforo**

Basándose en las propiedades químicas que pueden tener efectos económicos e indirectos en la salud humana, se ha establecido un valor aceptable para la concentración de fosfato en el agua potable, que debe ser igual o inferior a 0.5 mg/L de PO-3. En el análisis de las muestras de agua, se obtuvieron los siguientes resultados para el fósforo: M1 (0.17 mg/L), M2 (0.34 mg/L), M3 (0.17 mg/L), M4 (0.07 mg/L) y M5 (0.11 mg/L). De acuerdo con los estándares de calidad del agua, la concentración de fósforo debería ser de 0,1 mg/L. En este contexto, solo la muestra M4 (0.07 mg/L) cumple con este estándar de calidad para el fósforo, ya que está por debajo de 0.1 mg/L. Sin embargo, las muestras M1 (0.17 mg/L), M2 (0.34 mg/L), M3 (0.17 mg/L) y M5 (0.11 mg/L) superan este límite establecido para la calidad del agua en términos de fosfato.

- **Plomo**

En lo que, respecto al plomo, es posible que ocurran cambios significativos en la calidad del agua de un suministro debido a varios factores, como modificaciones en el tratamiento del agua o alteraciones en la fuente de



abastecimiento. Estos cambios pueden dar lugar a variaciones en la solubilidad del plomo, la presencia de depósitos de plomo o una combinación de ambos. En el análisis de las muestras de agua, se obtuvieron los siguientes resultados para el plomo: M1 (0.0007 mg/L), M2 (0.0008 mg/L), M3 (0.0005 mg/L), M4 (0.0003 mg/L) y M5 (0.0009 mg/l). Según los estándares de calidad del agua, la concentración de plomo debería estar en 0.01 mg/L. En este contexto, todos los valores obtenidos se consideran aceptables para el consumo humano.

- **Antimonio**

La exposición total al antimonio, que proviene de fuentes ambientales, alimentos y agua potable, es significativamente baja en comparación con la exposición laboral. En el análisis de las muestras de agua, se obtuvieron los siguientes resultados para el antimonio: M1 (0.0005 mg/L), M2 (0.0004 mg/L), M3 (0.0004 mg/L), M4 (0.0005 mg/L) y M5 (0,0012 mg/l). Estos valores se sitúan por debajo de los estándares de calidad del agua, que establecen un límite admisible de 0.02 mg/L. Por lo tanto, se puede concluir que los cinco pozos de agua son adecuados para el consumo humano en términos de antimonio.

- **Selenio**

La contribución relativa del selenio en el agua destinada al consumo humano es probablemente mínima en comparación con la que proviene de los alimentos producidos localmente. En el análisis de las muestras de agua, se obtuvieron los siguientes resultados para el selenio: M1 (0.0002 mg/L), M2 (0.0002 mg/L), M3 (0.0002 mg/L), M4 (0.0002 mg/L) y M5 (0,0003 mg/l). Estos valores se sitúan por debajo de los estándares de calidad del agua, que establecen un límite admisible de 0.04 mg/L. Por lo tanto, se puede concluir que los cinco



pozos de agua son adecuados para el consumo humano debido a la baja concentración de selenio.

- **Silicio**

Este material se usa ampliamente en el tratamiento de agua como un medio granular de capa profunda, como arena de sílice (o arena de cuarzo) para mantener las partículas suspendidas en forma coloidal, en tal sentido tenemos el silicio en las muestras de M1 (13.07 mg/L), M2 (13.19 mg/L), M3 (13.85 mg/L), M4 (17.86 mg/L) y M5 (13.96 mg/L), concentraciones obtenidas en el agua de las cinco muestras.

- **Estaño**

El agua destinada al consumo humano generalmente no constituye una fuente significativa de estaño para la población en general. Las concentraciones de estaño en el agua superiores a 1-2 $\mu\text{g/L}$ son poco comunes. En el análisis de las muestras de agua, se obtuvieron los siguientes resultados para el estaño: M1 (<0.0001 mg/L), M2 (<0.0001 mg/L), M3 (<0.0001 mg/L), M4 (<0.0001 mg/L) y M5 (<0.0001 mg/L).

- **Estroncio**

En el ámbito de la química, se refiere a una sustancia simple que no se puede descomponer en partes más pequeñas o cambiar a otra sustancia. La parte básica de un elemento es un átomo, que contiene protones, neutrones y electrones, el estroncio para las muestras se obtuvo en M1 (1.004 mg/L), M2 (0.4306 mg/L), M3 (1.066 mg/L), M4 (2.001 mg/L) y M5 (3.334 mg/L) siendo estos los resultados en los cinco pozos evaluados.



- **Titanio**

Es un metal de transformación de color gris, baja densidad y alta dureza. Es muy resistente a la corrosión por agua del mar, para las muestras de pozos para titanio se obtuvieron en M1 (0.0034 mg/L), M2 (0.0194 mg/L), M3 (0.0045 mg/L), M4 (0.0004 mg/L), M5 (0.0002 mg/L), siendo los resultados de las concentraciones en el agua.

- **Talio**

El talio puro es un metal blando de color blanco azulado ampliamente distribuido en pequeñas cantidades en la corteza terrestre, y se obtuvieron concentraciones de M1 en muestras de pozos.

- **Uranio**

El uranio es un elemento que se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, presente en el granito y en varios depósitos minerales. La ingesta de uranio a través del agua destinada al consumo humano generalmente es muy baja; sin embargo, si el uranio está presente en una fuente de agua para consumo humano, esta fuente suele ser la principal responsable de la ingesta. En el análisis de las muestras de agua, se obtuvieron los siguientes resultados para el uranio: M1 (0.00306 mg/L), M2 (0.00174 mg/L), M3 (0.00480 mg/L), M4 (0.00573 mg/L) y M5 (0.01210 mg/l). Estos valores se sitúan por debajo de los estándares de calidad del agua, que establecieron un límite permisible para el consumo humano de 0.02 mg/L. En otras palabras, los niveles de uranio en las cinco muestras son adecuados y cumplen con los estándares de calidad del agua para el consumo humano.



- Vanadio

La concentración promedio de vanadio en el agua suele ser de 0.001 mg/L. Si consideramos que una persona consume aproximadamente 2 litros de agua al día, la ingesta diaria de vanadio a través del agua sería de 0.002 mg para adultos. En el análisis de las muestras de agua, se encontraron las siguientes concentraciones de vanadio: M1 (0.0027 mg/L), M2 (0.0034 mg/L), M3 (0.0014 mg/L), M4 (0.0034 mg/L) y M5. (0.0030 mg/l). De estas muestras, M4 (0.0034 mg/L) y M5 (0.0030 mg/L) tienen concentraciones ligeramente superiores, mientras que M1 (0.0027 mg/L), M2 (0.0034 mg/L) y M3 (0.0014 mg/L) se encuentran por debajo de los estándares de calidad del agua. Por lo tanto, todas las muestras son adecuadas para el consumo humano en términos de vanadio, aunque dos de ellas tienen concentraciones ligeramente más altas.

- Zinc

El zinc se considera un "componente no deseable" en el agua destinada al consumo humano, y la concentración máxima permitida es de 3 mg/L. En las pruebas de detección de zinc, se obtuvieron los siguientes resultados: M1 (0.014 mg/L), M2 (0.081 mg/L), M3 (0.040 mg/L), M4 (0.009 mg/L) y M5 (0.070 mg/L). Estos valores están por debajo de los estándares de calidad del agua establecidos por la legislación peruana, lo que indica que las muestras son adecuadas para el consumo humano.

- Conductividad del agua

La capacidad de un agua para conducir la electricidad está relacionada directamente con la cantidad de minerales disueltos que contiene. La medida de la conductividad proporciona una estimación general del contenido mineral presente en el agua. Las aguas sin tratar o tratadas generalmente tienen una



conductividad que oscila entre 50 y 500 micromohs/cm. En contraste, las aguas altamente mineralizadas tienen una conductividad que va desde 500 hasta 1000 micromohs/cm.

- **pH**

El potencial de iones de hidrógeno (pH) es un valor que determina si una solución acuosa es ácida, neutra o alcalina. Estos valores se expresan de manera que un pH menor que 7 indica una sustancia ácida, mientras que los valores de pH por encima de 7 indican alcalinidad, y un pH de 7 se considera neutro, lo que significa que el número de iones de hidrógeno y de hidroxilo en la solución es igual (Ebbing, 1990). El pH es un parámetro esencial para evaluar la calidad del agua, tanto en entornos naturales como en aguas residuales. Proporciona información sobre la acidez de una solución y sus características fundamentales, y se obtiene a través de la medición de la concentración de iones de hidrógeno en dicha solución (Metcalf, 1995).

- **Color**

Aunque el color del agua y la turbidez están relacionados, se pueden considerar como características distintas. La turbidez generalmente se debe a partículas de mayor tamaño, con diámetros mayores a 10⁻³ mm, mientras que el color del agua se origina a partir de sustancias disueltas y lo que se conocen como coloides.

Este parámetro se divide en dos categorías: color verdadero y color aparente. El color aparente proviene de las sustancias suspendidas en el agua, mientras que el color verdadero es aquel que permanece en el agua después de eliminar la turbidez. (Sierra Ramírez, 2011, p.57).



- **Turbiedad**

La turbidez es la capacidad de las partículas finamente divididas o en estado coloidal en el agua para dispersar la luz, y se mide en unidades conocidas como NTU (Unidades de Turbidez Nefelométricas).

Este parámetro es de gran importancia, no solo porque indica la pureza del agua que se consume, sino también porque puede interferir en los procesos de tratamiento del agua, como la desinfección con productos químicos o radiación ultravioleta, lo que reduce la eficacia de estos métodos. y representa un riesgo para la salud de los consumidores (APHA – AWWA - WPFC, 1992). Cuanto mayor sea la cantidad de sólidos en el agua, mayor será su turbidez y se percibirá como más turbia o sucia. (Montero & Agurto, 2009).

- **Temperatura**

La temperatura es un parámetro fundamental del agua y suele tener un impacto significativo en el ecosistema acuático, así como en las reacciones químicas y las tasas de reacción. Aunque la temperatura en sí misma no es un indicador directo de la calidad del agua, desempeña un papel importante en la influencia sobre otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y diversas variables fisicoquímicas (APHA – AWWA - WPFC, 1992).

4.1.1.1 Identificación de los puntos estratégicos para la toma de muestra según los protocolos

En el contexto de Perú, se siguen los procedimientos definidos por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y el Ministerio del Ambiente (MINAM) para identificar los lugares



estratégicos donde se deben recolectar muestras de agua subterránea. Estas pautas se fundamentan en la legislación nacional peruana y en las orientaciones internacionales que rigen el monitoreo y la salvaguarda de los recursos hídricos subterráneos.

A continuación, se enumeran algunos factores fundamentales que se tienen en cuenta al identificar los lugares estratégicos para la recolección de muestras de agua subterránea en Perú:

Zonificación hidrogeológica: La identificación de los puntos de muestreo se realiza a través del conocimiento de la hidrogeología de la zona. Esto implica identificar las áreas de recarga, descarga y flujo de los acuíferos, así como las características hidrogeológicas específicas de la región, como la presencia de acuíferos confinados o no confinados.

Fuentes de contaminación posibles: Se debe considerar la ubicación de las posibles fuentes de contaminación en el área de estudio. Esto incluye la identificación de actividades industriales, agrícolas, mineras o de disposición de residuos que pueden tener impacto en la calidad del agua subterránea.

Puntos de monitoreo establecidos: En muchos casos, ya se han establecido puntos de monitoreo de agua subterránea en el marco de proyectos o programas de seguimiento ambiental. Estos puntos de monitoreo existentes son considerados estratégicos y se busca mantener su continuidad en el monitoreo para detectar tendencias a lo largo del tiempo.

La selección de lugares de muestreo tiene en cuenta la variedad de aplicaciones del agua subterránea en la región, a usos abarcadores como el suministro de agua potable, la agricultura, la industria y otros. El objetivo



es incorporar puntos que sean representativos de los diversos usos, permitiendo así la evaluación de la calidad del agua en relación con los estándares correspondientes.

Cobertura espacial adecuada: Se busca que los puntos de demostración proporcionen una cobertura espacial adecuada para obtener una imagen representativa de la calidad del agua subterránea en el área de estudio. Esto implica considerar la distribución geográfica de los puntos y garantizar una representatividad espacial adecuada.

Es importante tener en cuenta que los protocolos y directrices específicas pueden estar sujetos a cambios y actualizaciones. Se recomienda consultar los documentos y guías técnicas publicadas por el OEFA, el MINAM y otras instituciones pertinentes en Perú para obtener información actualizada sobre los procedimientos y los puntos estratégicos mejorados para la toma de muestras de agua subterránea en el país.

Para la toma de muestra realizo las coordinaciones con el encargado de BHIOS LABORATORIOS, el cual se encuentra certificado por el INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD (INACAL), seguidamente se realizó el envío de los frascos y recipientes para la toma de muestras por parte del mismo laboratorio previamente esterilizados y con preservantes para la mantención de las propiedades de la muestra hasta llegar al laboratorio que se ubica en la ciudad de Arequipa. Todas las muestras fueron colocados y enviados en una caja cooler para mantener la temperatura de la muestra hasta llegar al laboratorio como se muestra en las figuras siguientes.

- **Muestra M1 – Chinche**

Punto de muestreo M1, presenta la siguiente coordenada, por el norte 8277377, por el este 396716, y una altura 3824. En donde presenta buena potencia de alimentación del acuífero hacia el pozo muestreado teniendo en cuenta también que en la zona existen una densidad de familias numerosa. En los cuales cada familia cuenta con su propio pozo artesanal. La localización de dicho punto de muestreo se tomó por ser un punto medio del grupo de viviendas Chinche M1 siendo un punto estratégico en la zona de estudio (figura 6).

Figura 6

Punto de muestreo M1 Chinche



Fuente: fotografía en el punto de muestreo M1 Chinche

- **Muestra M2 – Desvío Candile**

Punto de muestreo M2, presenta la siguiente coordenada, por el norte 8276532, por el este 397061, y una altura 3825, para la M2 Desvío Candile, el cual pertenece a la una de las familias que se encuentran en la zona céntrica del grupo de familias existentes en la zona de estudio de la M2 Desvio Candile (figura 7).

Se realizo el muestreo en recipiente esterilizado previamente cumpliendo con los establecido en las normal de la empresa certificada BHIOS LABORARIOS.

Figura 7

Punto de muestreo M2 Desvio Candile



Fuente: Fotografía en el punto de muestreo M2 Desvio Candile

- Muestra M3- Candile

Punto de muestreo P3, presenta la siguiente coordenada, por el norte 8276474.73, por el este 399168.6, y una altura 3823 que pertenecen a una familia que consume agua de este poso, el cual se encuentra en una zona céntrica de las familias que viven en la zona de estudio. El poso ya cuenta con muchos años de antigüedad y se realiza el mantenimiento correspondiente sin embargo la propietaria indica que año tras año viene disminuyendo el nivel freático por lo que deben aumentar la profundidad conforme va bajando el nivel (figura 8)

Se realizó el registro de todos los datos necesarios conforme a las normativas internas de muestreo del laboratorio certificado.

Figura 8

Punto de muestreo M3 Candile.



Fuente: fotografía en el punto de muestreo M3 Candile

- **Muestra M4 Putucuni Pata**

Punto de muestreo M4 que se encuentra en el sector Putucuni Pata, presenta la siguiente coordenada, por el norte 8276623, por el este 399132, y una altura 3825. El cual pertenece a una familia que se encuentra en medio del grupo de viviendas e incluso se encuentra la institución educativa primaria e inicial de Putucuni Pata. Cuenta con anillos de concreto hasta la base ara evitar la erosión de los lados, esta familia utiliza una electrobomba para la extracción del agua que es utilizado para consumo humano como también para su ganado vacuno.

Figura 9

Punto de muestreo M4 Putucuni Pata



Fuente: fotografía en el punto de muestreo M4 Putucuni Pata

- **Muestra M5 - Pakachi**

Punto de muestreo P5, presenta la siguiente coordenada, por el norte 8276754.89, por el este 398864.84, y una altura 3824, para la M5 Pakachi. En esta zona de estudio indica la población que la mayor parte de las aguas subterráneas tienen un sabor diferente e incluso muchos de los pobladores se movilizan para abastecerse de agua de otros lugares como son los otros puntos de muestreo.

Figura 10

Punto de muestreo P5-Pakachi



Fuente: fotografía en el punto de muestreo M4 Putucuni Pata



4.1.1.2 Toma de muestra de agua subterránea

Actualmente, la norma ISO 5667-5:2001 "Guía para el muestreo de agua para consumo humano y agua utilizada para el procesamiento de alimentos y bebidas" no es específica para el Perú. Sin embargo, puedo proporcionar información general sobre los puntos georreferenciados para el análisis de agua subterránea de acuerdo con los principios generales del análisis de agua establecido en la norma ISO 5667-5:2001.

La norma ISO 5667-5:2001 establece directrices generales para la prueba de agua y proporciona pautas para garantizar que las muestras sean representativas y cumplan con los requisitos de calidad. A continuación, se presentan algunos aspectos clave a considerar en el sondeo de agua subterránea de acuerdo con esta norma:

Selección de puntos de fotografía: Los puntos de fotografía deben ser seleccionados de manera que reflejen adecuadamente las características del agua subterránea en el área de estudio. Esto puede implicar la identificación de fuentes de contaminación potenciales, zonas de interés hidrogeológico o áreas representativas de los diferentes usos del agua subterránea.

Distribución espacial: Es importante distribuir los puntos de exhibición de manera que proporcionen una cobertura espacial adecuada del área de estudio. Esto implica considerar la escasez espacial de las características del agua subterránea y asegurarse de que los puntos seleccionados sean representativos de las diferentes áreas o zonas hidrogeológicas.



Coordenadas georreferenciadas: Los puntos de prueba deben ser geo referenciados, lo que implica registrar las coordenadas geográficas (latitud y longitud) de cada punto de prueba. Esto permite la identificación precisa de la ubicación de cada muestra y facilita la comparación y análisis de los datos obtenidos.

Profundidad de demostración: El muestreo de agua subterránea puede requerir la toma de muestras a diferentes profundidades, dependiendo de los objetivos del estudio. La norma ISO 5667-5:2001 proporciona directrices sobre la selección de la profundidad de prueba adecuada, considerando factores como la estratificación del acuífero y las características específicas del sitio.

La norma ISO 5667-5:2001 establece los principios generales para los procedimientos de pruebas, incluyendo la desaparición y el acondicionamiento de los equipos de pruebas, la técnica de pruebas apropiadas y el manejo adecuado de las muestras para garantizar su representatividad y evitar la contaminación (ver anexo N° 6).

4.1.1.3 Registro de muestreo

El registro de muestra de agua para el laboratorio es un documento importante que proporciona información detallada sobre las muestras recolectadas. A continuación, se muestra detalle de cómo se estructuró el registro de prueba de agua:

Información general: Fecha de prueba, hora de prueba, ubicación de prueba, fuente de agua (pozo, etc.) y descripción del sitio de muestra (opcional):

Parámetros de análisis solicitados:



Codificando a cada muestra: La codificación con Código numérico secuencial de las muestras de agua para análisis es una práctica común que permite identificar de manera única cada muestra y facilitar su seguimiento en el laboratorio. Este enfoque es útil cuando se manejan volúmenes de muestras relativamente bajos.

Es importante asegurarse de que la codificación sea clara, legible y resistente al agua. Además, es recomendable mantener un registro correspondiente de las muestras y sus códigos para facilitar la identificación posterior.

4.1.1.4 Envío al laboratorio certificado para el proceso de análisis de las muestras

Procedimiento de muestreo según formato de laboratorio se realizó el tipo de muestreo simple y por conveniencia, la cual consistió en una muestra tomada en un instante para cada análisis, según los protocolos de muestreo establecidas por el Estado peruano

Se tomaron 1 muestra en cada zona para obtener un total de 5 muestras. Los lugares muestreados fueron: Chinche M1, Desvio Candile M2, Candile M3, Putucuni Pata M4, Pakachi M5

En cada muestra se recolectó un volumen de aproximadamente de 1000 ml aproximadamente, en recipientes plásticos color caramelo previamente enjuagados con agua destilada y con el agua a muestrear, cerrados, sin dejar cámara de aire.

Manipulación adecuada: se manipulo las muestras de agua de manera adecuada para mantener su integridad. se evitó la exposición a sustancias químicas o contaminantes durante el proceso de manipulación.



Transporte y conservación: Se transportó las muestras con cuidado en coolers evitando el contacto con la luz solar hasta su llegada al laboratorio, prestando atención para que no se caigan o derramen. Manteniendo la oscuridad y a una temperatura entre 1 – 5 °C según la cadena de custodia.

4.1.1.5 Verificación de los datos obtenidos y selección de los datos a analizar como el arsénico y los metales pesados.

En los siguientes datos se muestra los datos obtenidos del laboratorio para su análisis y comparación con los límites máximos permisibles para consumo humano establecidos en las normativas vigentes a la fecha.

Teniendo en cuenta que las siglas siguientes son:

LC: límite de cuantificación del método

LD: límite de detección del método



a. Análisis de la muestra M1 Chinche

Resultado de ensayo N° 0505-2023 (M-1)

METODO UTILIZADO: Metales totales por ICP-MS

Tabla 3

Informa de ensayo N° 0504-2023 (M1)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA M-1	UNIDADES
FQ	Ag (Plata)	0,00001	0,00005	<0.00005	mg/L
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	0.22	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0.01787	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0.120	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0.3125	mg/L
FQ	Be (Berilio)	0,000003	0,00002	<0.00002	mg/L
FQ	Bi (Bismuto)	0,00002	0,00010	<0.0001	mg/L
FQ	Ca (Calcio)	0,010	0,050	103.80	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0.00005	mg/L
FQ	Ce (Cerio)	0,000003	0,00002	0.00065	mg/L
FQ	Co (Cobalto)	0,000001	0,00001	0.00026	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0.00033	mg/L
FQ	Cs (Cesio)	0,000002	0,00001	0.00012	mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0,0002	0,001	0.001	mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0,002	0,010	0.123	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	0,0001	0,0005	<0.0005	mg/L
FQ	K (Potasio)	0,004	0,020	9.81	mg/L
FQ	Li (Litio)	0,00002	0,00008	0.04204	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)	0,004	0,020	25.48	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002	0.2243	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	0.0013	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	23.17	mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0,00001	0,00006	0.0004	mg/L
FQ	P (Fosforo)	0,004	0,020	0.17	mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002	0.0007	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010	0.0005	mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001	0.0002	mg/L
FQ	Si (Silicio)	0,020	0,100	13.07	mg/L
FQ	Sn (Estano)	0,00002	0,00010	<0.0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)	0,0001	0,0004	1.004	mg/L
FQ	Ti (Titanio)	0,00004	0,0002	0.0034	mg/L
FQ	Tl (Talio)	0,000004	0,00002	<0.00002	mg/L
FQ	U (Uranio)	0,000003	0,00002	0.00306	mg/L
FQ	V (Vanadio)	0,0001	0,0004	0.0027	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003	0.014	mg/L

Fuente: Ensayo de BHIOS LABORATORIOS-2023.

Observaciones: Cualquier valor precedido por “<” índice menor al límite de cuantificación del método

- Fechas de ejecución de los ensayos: FQ 07/02/2023 al 11/02/2023



b. Análisis de la muestra M2 Desvio Candile

Resultado de ensayo N° 0505-2023 (M-2)

METODO UTILIZADO: Metales totales por ICP-MS

Tabla 4

Informa de ensayo N° 0505-2023 (M2)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA M-2	UNIDADES
FQ	Ag (Plata)	0,00001	0,00005	<0.00005	mg/L
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	0.40	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0.01065	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0.195	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0.1442	mg/L
FQ	Be (Berilio)	0,000003	0,00002	0.00003	mg/L
FQ	Bi (Bismuto)	0,00002	0,00010	<0.0001	mg/L
FQ	Ca (Calcio)	0,010	0,050	43.88	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0.00001	mg/L
FQ	Ce (Cerio)	0,000003	0,00002	0.00078	mg/L
FQ	Co (Cobalto)	0,000001	0,00001	0.00028	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0.00072	mg/L
FQ	Cs (Cesio)	0,000002	0,00001	0.00055	mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0,0002	0,001	0.002	mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0,002	0,010	0.404	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	0,0001	0,0005	<0.0005	mg/L
FQ	K (Potasio)	0,004	0,020	21.77	mg/L
FQ	Li (Litio)	0,00002	0,00008	0.04067	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)	0,004	0,020	10.23	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002	0.0385	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	0.0046	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	36.88	mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0,00001	0,00006	0.0007	mg/L
FQ	P (Fosforo)	0,004	0,020	0.34	mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002	0.0008	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010	0.0004	mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001	0.0002	mg/L
FQ	Si (Silicio)	0,020	0,100	13.19	mg/L
FQ	Sn (Estano)	0,00002	0,00010	<0.0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)	0,0001	0,0004	0.4306	mg/L
FQ	Ti (Titanio)	0,00004	0,0002	0.0194	mg/L
FQ	Tl (Talio)	0,000004	0,00002	<0.00002	mg/L
FQ	U (Uranio)	0,000003	0,00002	0.00174	mg/L
FQ	V (Vanadio)	0,0001	0,0004	0.0034	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003	0.081	mg/L

Fuente: Ensayo de BHIOS LABORATORIOS-2023.

Observaciones: Cualquier valor precedido por “<” índice menor al límite de cuantificación del método

Fechas de ejecución de los ensayos: FQ 07/02/2023 al 11/02/2023



c. Análisis de la muestra m3 Candile

Resultado de ensayo N° 0506-2023 (M-3)

METODO UTILIZADO: Metales totales por ICP-MS

Tabla 5

Informa de ensayo N° 0506-2023 (M-3)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA M-3	UNIDADES
FQ	Ag (Plata)	0,00001	0,00005	<0.00005	mg/L
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	0.19	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0.00531	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0.250	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0.0392	mg/L
FQ	Be (Berilio)	0,000003	0,00002	<0.00002	mg/L
FQ	Bi (Bismuto)	0,00002	0,00010	<0.0001	mg/L
FQ	Ca (Calcio)	0,010	0,050	136.99	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0.00003	mg/L
FQ	Ce (Cerio)	0,000003	0,00002	0.00033	mg/L
FQ	Co (Cobalto)	0,000001	0,00001	0.00022	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0.00041	mg/L
FQ	Cs (Cesio)	0,000002	0,00001	0.00010	mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0,0002	0,001	0.001	mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0,002	0,010	0.149	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	0,0001	0,0005	<0.0005	mg/L
FQ	K (Potasio)	0,004	0,020	8.60	mg/L
FQ	Li (Litio)	0,00002	0,00008	0.05867	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)	0,004	0,020	29.33	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002	0.4458	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	0.0035	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	40.80	mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0,00001	0,00006	0.0005	mg/L
FQ	P (Fosforo)	0,004	0,020	0.17	mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002	0.0005	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010	0.0004	mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001	0.0002	mg/L
FQ	Si (Silicio)	0,020	0,100	13.85	mg/L
FQ	Sn (Estano)	0,00002	0,00010	<0.0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)	0,0001	0,0004	1.066	mg/L
FQ	Ti (Titanio)	0,00004	0,0002	0.0045	mg/L
FQ	Tl (Talio)	0,000004	0,00002	<0.00002	mg/L
FQ	U (Uranio)	0,000003	0,00002	0.00480	mg/L
FQ	V (Vanadio)	0,0001	0,0004	0.0014	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003	0.040	mg/L

Fuente: ensayo de Bhis laboratorios-2023.

Observaciones: Cualquier valor precedido por “<” índice menor al límite de cuantificación del método

- Fechas de ejecución de los ensayos: FQ 07/02/2023 al 11/02/2023



d. Análisis de la muestra M4 Putucuni Pata

Resultado de ensayo N° 0507-2023 (M-4)

METODO UTILIZADOS: Metales totales por ICP-MS

Tabla 6

Informa de ensayo N° 0507-2023 (M-4)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA M-4	UNIDADES
FQ	Ag (Plata)	0,00001	0,00005	<0.00005	mg/L
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	0.07	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0.00867	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0.412	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0.3145	mg/L
FQ	Be (Berilio)	0,000003	0,00002	<0.00002	mg/L
FQ	Bi (Bismuto)	0,00002	0,00010	<0.0001	mg/L
FQ	Ca (Calcio)	0,010	0,050	287.80	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0.00009	mg/L
FQ	Ce (Cerio)	0,000003	0,00002	0.00005	mg/L
FQ	Co (Cobalto)	0,000001	0,00001	0.00015	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0.00058	mg/L
FQ	Cs (Cesio)	0,000002	0,00001	0.00022	mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0,0002	0,001	0.002	mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0,002	0,010	0.020	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	0,0001	0,0005	<0.0005	mg/L
FQ	K (Potasio)	0,004	0,020	15.42	mg/L
FQ	Li (Litio)	0,00002	0,00008	0.09576	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)	0,004	0,020	81.00	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002	0.0454	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	<0.0001	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	155.10	mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0,00001	0,00006	0.0009	mg/L
FQ	P (Fosforo)	0,004	0,020	0.07	mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002	0.0003	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010	0.0005	mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001	0.0002	mg/L
FQ	Si (Silicio)	0,020	0,100	17.86	mg/L
FQ	Sn (Estano)	0,00002	0,00010	<0.0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)	0,0001	0,0004	2.001	mg/L
FQ	Ti (Titanio)	0,00004	0,0002	0.0004	mg/L
FQ	Tl (Talio)	0,000004	0,00002	0.00011	mg/L
FQ	U (Uranio)	0,000003	0,00002	0.00573	mg/L
FQ	V (Vanadio)	0,0001	0,0004	0.0034	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003	0.009	mg/L

Fuente: ensayo de Bhios laboratorios-2023.

Observaciones: Cualquier valor precedido por “<” índice menor al límite de cuantificación del método

- Fechas de ejecución de los ensayos: FQ 07/02/2023 al 11/02/2023



e. Análisis de la muestra M5 Pakachi

Resultado de ensayo N° 0508-2023 (M-5)

METODOLOGIA UTILIZADO: Metales totales por ICP-MS

Tabla 7

Informa de ensayo N° 0508-2023 (M-5)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA M-5	UNIDADES
FQ	Ag (Plata)	0,00001	0,00005	0.00006	mg/L
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	0.56	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0.01558	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0.851	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0.1241	mg/L
FQ	Be (Berilio)	0,000003	0,00002	0.00005	mg/L
FQ	Bi (Bismuto)	0,00002	0,00010	<0.0001	mg/L
FQ	Ca (Calcio)	0,010	0,050	274.20	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0.00005	mg/L
FQ	Ce (Cerio)	0,000003	0,00002	0.00043	mg/L
FQ	Co (Cobalto)	0,000001	0,00001	0.00232	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0.00070	mg/L
FQ	Cs (Cesio)	0,000002	0,00001	0.00040	mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0,0002	0,001	0.003	mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0,002	0,010	0.631	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	0,0001	0,0005	<0.0005	mg/L
FQ	K (Potasio)	0,004	0,020	13.44	mg/L
FQ	Li (Litio)	0,00002	0,00008	0.17078	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)	0,004	0,020	111.22	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002	3.406	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	0.0040	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	331.32	mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0,00001	0,00006	0.0025	mg/L
FQ	P (Fosforo)	0,004	0,020	0.11	mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002	0.0009	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010	0.0012	mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001	0.0003	mg/L
FQ	Si (Silicio)	0,020	0,100	13.96	mg/L
FQ	Sn (Estaño)	0,00002	0,00010	<0.0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)	0,0001	0,0004	3.334	mg/L
FQ	Ti (Titanio)	0,00004	0,0002	<0.0002	mg/L
FQ	Tl (Talio)	0,000004	0,00002	0.00003	mg/L
FQ	U (Uranio)	0,000003	0,00002	0.01210	mg/L
FQ	V (Vanadio)	0,0001	0,0004	0.0030	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003	0.070	mg/L

Fuente: ensayo de Bhios laboratorios-2023.

Observaciones: Cualquier valor precedido por “<” índice menor al límite de cuantificación del método

- Fechas de ejecución de los ensayos: FQ 07/02/2023 al 11/02/2023

4.1.2. Caracterizar el contenido de arsénico y metales pesados en las aguas subterráneas de la comunidad de Carata.

Se realiza el Análisis comparativo de las aguas subterráneas conforme al D.S. N° 004-2017-MINAM (ECA agua) (tabla 6).

Tabla 8

Cuadro comparativo de los resultados con la NTP.

LAB	PARAMETROS	UNIDAD	PUNTO DE MUESTREO DE METALES TOTALES POR ICP-MS					LEG. PERUANA
			AGUASUB	AGUASUB	AGUASUB	AGUASUB	AGUASUB	D.S. N° 004-
			TERRANEAS	TERRANEAS	TERRANEAS	TERRANEAS	TERRANEAS	2017-MINAM
			M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	Subcategoría A:
FQ	Ag (Plata)	mg/L	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	0.00006	
FQ	Al (Aluminio)	mg/L	0.22	0.40	0.19	0.07	0.56	0,9
FQ	As (Arsénico)	mg/L	0.01787	0.01065	0.00531	0.00867	0.01558	0,01
FQ	B (Boro)	mg/L	0.120	0.195	0.250	0.412	0.851	2,4
FQ	Ba (Bario)	mg/L	0.3125	0.1442	0.0392	0.3145	0.1241	0,7
FQ	Be (Berilio)	mg/L	<0.00002	0.00003	<0.00002	<0.00002	0.00005	0,012
FQ	Bi (Bismuto)	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
FQ	Ca (Calcio)	mg/L	103.80	43.88	136.99	287.80	274.20	
FQ	Cd (Cadmio)	mg/L	0.00005	0.00001	0.00003	0.00009	0.00005	0,003
FQ	Ce (Cerio)	mg/L	0.00065	0.00078	0.00033	0.00005	0.00043	
FQ	Co (Cobalto)	mg/L	0.00026	0.00028	0.00022	0.00015	0.00232	
FQ	Cr (Cromo)	mg/L	0.00033	0.00072	0.00041	0.00058	0.00070	0,05
FQ	Cs (Cesio)	mg/L	0.00012	0.00055	0.00010	0.00022	0.00040	
FQ	Cu (Cobre)	mg/L	0.001	0.002	0.001	0.002	0.003	2
FQ	Fe (Hierro)	mg/L	0.123	0.404	0.149	0.020	0.631	0,3
FQ	Hg (Mercurio)	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0,001
FQ	K (Potasio)	mg/L	9.81	21.77	8.60	15.42	13.44	
FQ	Li (Litio)	mg/L	0.04204	0.04067	0.05867	0.09576	0.17078	
FQ	Mg (Magnesio)	mg/L	25.48	10.23	29.33	81.00	111.22	
FQ	Mn (Manganeso)	mg/L	0.2243	0.0385	0.4458	0.0454	3.406	0,4
FQ	Mo (Molibdeno)	mg/L	0.0013	0.0046	0.0035	<0.0001	0.0040	0,07
FQ	Na (Sodio)	mg/L	23.17	36.88	40.80	155.10	331.32	
FQ	Ni (Níquel)	mg/L	0.0004	0.0007	0.0005	0.0009	0.0025	0,07
FQ	P (Fosforo)	mg/L	0.17	0.34	0.17	0.07	0.11	0,1
FQ	Pb (Plomo)	mg/L	0.0007	0.0008	0.0005	0.0003	0.0009	0,01
FQ	Sb (Antimonio)	mg/L	0.0005	0.0004	0.0004	0.0005	0.0012	0,02
FQ	Se (Selenio)	mg/L	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0,04
FQ	Si (Silicio)	mg/L	13.07	13.19	13.85	17.86	13.96	
FQ	Sn (Estaño)	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
FQ	Sr (Estroncio)	mg/L	1.004	0.4306	1.066	2.001	3.334	
FQ	Ti (Titanio)	mg/L	0.0034	0.0194	0.0045	0.0004	<0.0002	
FQ	Tl (Talio)	mg/L	<0.00002	<0.00002	<0.00002	0.00011	0.00003	
FQ	U (Uranio)	mg/L	0.00306	0.00174	0.00480	0.00573	0.01210	0,02
FQ	V (Vanado)	mg/L	0.0027	0.0034	0.0014	0.0034	0.0030	
FQ	Zn (Zinc)	mg/L	0.014	0.081	0.040	0.009	0.070	3



Respecto a la caracterización del contenido de arsénico y metales pesados en las aguas subterráneas de la comunidad de Carata, en relación al análisis efectuado de forma comparativa de las aguas subterráneas conforme a las normas técnicas peruanas D.S. N° 004-2017-MINAM (ECA agua), se ha evidenciado que el porcentaje de concentraciones de As (Arsénico) en mg/L, para las distintas muestra realizadas en la evaluación efectuada se ha encontrado que en la M1 0.01787 mg/L, de igual forma para la M2 0.01065 mg/L, en cuanto para la M3 0.00531 mg/L, así mismo para la M4 0.00867 mg/L y finalmente para la M5 0.01558 mg/L, dichos valores evaluados en las distintas muestra estaría inferior en la M3 0.00531 mg/L, así mismo para la M4 0.00867 mg/L, es decir que estas dos muestras son menores a 0,01 mg/L, según el estándar de calidad de agua, sin embargo para las muestras M1 0.01787 mg/L, de igual forma la M2 0.01065 mg/L, y la M5 0.01558 mg/L, son valores que están relativamente superior a 0,01 mg/L, es decir que este valor no está en correspondencia a LEG. Peruana D.S. N° 004-2017-MINAM Subcategoría A.

Cuadro de comparación de los resultados de la calidad del agua según los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) (tabla 9)

Tabla 9

Cuadro comparativo con la OMS y la DIGESA

LAB	PARAMETROS	UND	PUNTO DE MUESTREO					OMS (mg/L)	DSNF 081-2010-SA (LMP)
			AGUASUB	AGUASUB	AGUASUB	AGUASUB	AGUASUB		
			ADES TERRANEAS	TERRANEAS	TERRANEAS	TERRANEAS	TERRANEAS		
		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5			
FQ	Ag (Plata)	ng/L	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	0.00005		
FQ	Al (Aluminio)	ng/L	0.22	0.40	0.19	0.07	0.55		0.2
FQ	As (Arsénico)	ng/L	0.01787	0.01065	0.00531	0.00867	0.01558	0.01 (A T)	0.010
FQ	B (Boro)	ng/L	0.120	0.195	0.250	0.412	0.881	24	1500
FQ	Ba (Bario)	ng/L	0.3125	0.1442	0.0332	0.3145	0.1241	1.3	0.700
FQ	Be (Berilio)	ng/L	<0.00002	0.00003	<0.00002	<0.00002	0.00005		
FQ	Bi (Bismuto)	ng/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001		
FQ	Ca (Calcio)	ng/L	103.80	48.88	136.99	267.80	274.20		
FQ	Cd (Cadmio)	ng/L	0.00005	0.00001	0.00003	0.00009	0.00005	0.003	0.003
FQ	Ce (Cerio)	ng/L	0.00065	0.00078	0.00033	0.00005	0.00043		
FQ	Co (Cobalto)	ng/L	0.00028	0.00028	0.00022	0.00015	0.00232		
FQ	Cr (Cromo)	ng/L	0.00033	0.00072	0.00041	0.00068	0.00070	0.05 (P)	0.050
FQ	Cs (Cesio)	ng/L	0.00012	0.00055	0.00010	0.00022	0.00040		
FQ	Cu (Cobre)	ng/L	0.001	0.002	0.001	0.002	0.003	2	2.0
FQ	Fe (Hierro)	ng/L	0.123	0.404	0.149	0.020	0.631		0.3
FQ	Hg (Mercurio)	ng/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.005	0.001
FQ	K (Potasio)	ng/L	9.81	21.77	8.60	15.42	13.44		
FQ	Li (Litio)	ng/L	0.04204	0.04067	0.05867	0.05676	0.17078		
FQ	Mg (Magnesio)	ng/L	25.48	10.23	29.33	81.00	111.22		
FQ	Mn (Manganeso)	ng/L	0.2243	0.0385	0.4458	0.0454	3.405		0.4
FQ	Mo (Molibdeno)	ng/L	0.0013	0.0046	0.0035	<0.0001	0.0040		0.07
FQ	Na (Sodio)	ng/L	23.17	36.88	40.80	155.10	331.32	40	200
FQ	N (Níquel)	ng/L	0.0004	0.0007	0.0005	0.0009	0.0025	0.07	0.020
FQ	P (Fosforo)	ng/L	0.17	0.34	0.17	0.07	0.11		
FQ	Pb (Plomo)	ng/L	0.0007	0.0008	0.0005	0.0003	0.0009	0.01 (A T)	0.010
FQ	Sb (Antimonio)	ng/L	0.0005	0.0004	0.0004	0.0005	0.0012	0.02	
FQ	Se (Selenio)	ng/L	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.04 (P)	0.010
FQ	Si (Silicio)	ng/L	13.07	13.19	13.85	17.86	13.96		
FQ	Sn (Estañó)	ng/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001		
FQ	Sr (Estroncio)	ng/L	1.004	0.4306	1.066	2.001	3.334		
FQ	Ti (Titanio)	ng/L	0.0034	0.0194	0.0045	0.0004	<0.0002		
FQ	Tl (Talio)	ng/L	<0.00002	<0.00002	<0.00002	0.00011	0.00003		
FQ	U (Uranio)	ng/L	0.00306	0.01174	0.00480	0.00573	0.01210	0.30 (P)	0.015



Según la caracterización del contenido de arsénico y metales pesados en las aguas subterráneas en el análisis comparativo de los resultados de calidad de agua según la OMS y la DIGESA, el contenido de As (Arsénico) mg/L, se ha revelado que para la muestra M1 0.01787 mg/L, así mismo para la muestra M2 0.01065 mg/L, de igual forma para la M3 0.00531mg/L, así mismo para la M4 0.00867 mg/L, y finalmente para la M5 0.01558 mg/L, se revela que respecto a la OMS se tiene que la M1 0.01787 mg/L, M2 0.01065 mg/L y M5 0.01558 mg/L, se encuentran relativamente por encima de 0.01 mg/L OMS (mg/L), según la organización de mundial de la salud, así mismo respeto DIGESA, se revela que la muestra M1 0.01787 mg/L, M2 0.01065 mg/L y M5 0.01558 mg/L, están relativamente por encima del valor de 0.010 mg/L DS N° 031-2010-SA, solo la muestra M3 0.00531mg/L y M4 0.00867 mg/L, están por debajo del valor de 0.01 mg/L, respecto a la OMS y el valor de 0,010 mg/L DS N° 031-2010-SA, respecto a DIGESA.

a. Análisis de los efectos de los metales pesados en las aguas subterráneas.

La existencia de metales pesados en las aguas subterráneas puede tener consecuencias significativas tanto en el ecosistema como en la salud de las personas. Los metales pesados son elementos químicos con una densidad considerable y abarcan elementos como el arsénico, que en las muestras M1 y M5 se encuentran en concentraciones relativamente por encima de 0,01 mg/L, entre otros.

Las repercusiones de los metales pesados en las aguas subterráneas son diversas:



Impacto ambiental: Los metales pesados pueden alterar el equilibrio natural de los ecosistemas acuáticos. Pueden acumularse en los sedimentos, afectando la calidad del hábitat de plantas y animales acuáticos. Además, pueden persistir en el medio ambiente durante largos periodos de tiempo, lo que amplifica su impacto.

Contaminación del agua potable: Si las aguas subterráneas contaminadas se utilizan como fuente de agua potable, los metales pesados pueden representar un riesgo para la salud humana. La exposición crónica a niveles elevados de metales pesados puede provocar efectos adversos, como trastornos del desarrollo, daño renal, problemas neurológicos, trastornos del sistema reproductivo y aumentar el riesgo de cáncer.

Impacto en la cadena alimentaria: Los metales pesados pueden entrar en la cadena alimentaria a través de las aguas subterráneas contaminadas. Los organismos acuáticos pueden acumular metales pesados en sus tejidos, y si estos organismos son consumidos por otros animales, incluidos los seres humanos, los metales pesados pueden bioacumularse y engrandecer su concentración a lo largo de la cadena alimentaria.

Tabla 10

Principales causas de morbilidad general 2010 - Coata

Nº	Diagnóstico (causas)	total	%
1	Infección agudas de las vías respiratorias	2352	28.81
2	Enfermedades de la cavidad bucal de las glándulas salivales	679	8.32
3	Síntomas y signos generales	397	4.86
4	Otras infecciones agudas de las vías respiratorias	392	4.80
5	Dorsopatias (M40-M54)	341	4.18
6	Enfermedades del esófago y del estómago	333	4.08
7	Dermatitis y eczema (L20-L30)	313	3.83
8	Enfermedades crónicas de las vías respiratorias	275	3.37
9	Enfermedades infecciosas intestinales	242	2.96
10	Trastornos de la conjuntiva (H10-H13)	231	2.83
11	Las de más causas	2609	31.96
	Total	8164	100.00

Fuente: Datos estadísticos obtenidos del Centro de Salud Coata,

Impacto socioeconómico: La contaminación de las aguas subterráneas por metales pesados puede tener repercusiones socioeconómicas significativas. La descontaminación de los acuíferos puede ser costosa y compleja, y las comunidades que dependen de estas fuentes de agua pueden sufrir escasez de agua potable segura. Además, la contaminación puede afectar negativamente a sectores como la agricultura y la pesca, que dependen del agua de calidad para su funcionamiento.

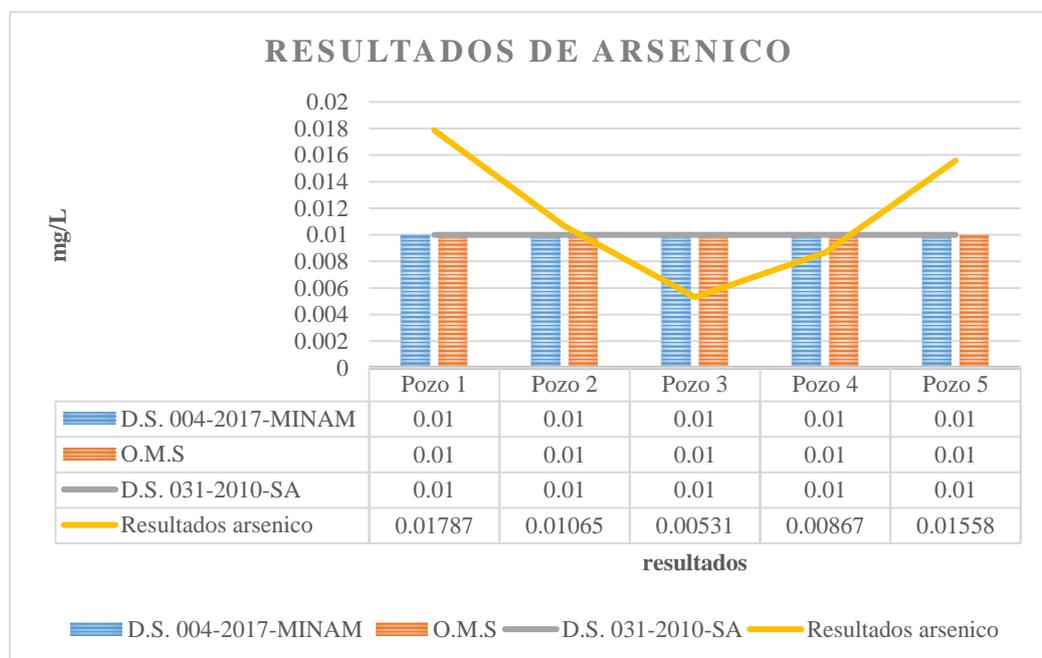
En general, es fundamental implementar medidas de control y prevención para evitar la liberación de metales pesados en las aguas subterráneas. La adopción de prácticas agrícolas sostenibles, el monitoreo regular de la calidad del agua y la promoción de tecnologías de tratamiento de agua eficientes.

b. Interpretación comparativa de datos respecto a la calidad de agua que se consume en la zona de estudio para cada uno de los pozos.

Para realizar una interpretación comparativa de la calidad del agua que se consume en la zona de estudio para cada uno de los pozos, se consideró los parámetros de arsénico y realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos y estándares de calidad del agua:

Figura 11

Interpretación comparativa de datos respecto a la calidad de agua.



Obtención de datos de calidad del agua: Se recolectó información sobre la calidad del agua en cada uno de los pozos ubicados en la región de análisis. Esto incluye datos de análisis químicos del arsénico mg/L, tales como sus concentraciones entre otros. Fue importante asegurarse de tener datos completos y actualizados para cada pozo.

Establecer estándares de calidad: Se consultó los estándares de calidad del agua establecidos en la legislación peruana por las autoridades sanitarias o



ambientales del país y el organismo mundial de la salud. Estos estándares definen los límites aceptables para cada parámetro de calidad del agua.

Identificación de parámetros críticos: se analizó los datos recopilados y se determinó cuáles son los parámetros más relevantes para evaluar la calidad del agua en cada pozo siendo estas las concentraciones del arsénico.

Comparar resultados: Al comparar directamente los resultados obtenidos en cada pozo con los estándares de calidad establecidos, se puede observar que las muestras M2, M3 y M4 están por debajo de los estándares nacionales e internacionales, mientras que las muestras M1. y M5 tienen concentraciones de arsénico relativamente por encima de los estándares de calidad de agua. Esto podría representar un riesgo para la salud de los residentes en esa área.

Evaluación de riesgos para la salud: Es importante destacar que los riesgos para la salud asociados con el arsénico en el agua potable dependen de la concentración de arsénico presente, la duración de la exposición y otros factores particulares. Las normas y regulaciones de calidad del agua establecen límites seguros para el contenido de arsénico en el agua potable con el fin de minimizar estos riesgos.

4.1.3. Proponer un sistema de saneamiento básico unifamiliar en la zona de estudio en función de los contaminantes presentes en el agua.

La propuesta se basa en criterios técnicos y metodológicos sólidos que buscan abordar y resolver los problemas del sistema de saneamiento básico en la zona de estudio, teniendo en cuenta la presencia de contaminantes en el agua como factor determinante.



Propuesta de medidas estructurales destinadas a mejorar la calidad del agua en un sistema de saneamiento básico, con el objetivo de tratar el agua subterránea para hacerla apta para el consumo humano y, de este modo, elevar la calidad de vida de los miembros de las familias.

se plantea de acciones estructurales para mejorar la calidad de agua subterránea de consumo humano en la comunidad, considerando que las concentraciones de arsénico superan los estándares de calidad del agua para consumo humano, la remoción de arsénico resulta factible técnica y económicamente a nivel municipal y es posible que los sistemas municipales, para lo cual se plantea la instalación de una planta convencional de coagulación/filtración que vendría a ser un sistema de tratamiento de agua utilizado para remover partículas suspendidas y sustancias disueltas en el agua.

Este tipo de planta se compone de varias etapas que trabajan en conjunto para mejorar la calidad del agua.

Desinfección química. - Existen varios métodos de desinfección utilizados para tratar el agua cruda y hacerla segura para el consumo humano. Algunos de los métodos más comunes de desinfección del agua cruda incluyen:

Cloración: La desinfección del agua mediante la cloración es uno de los procedimientos más comunes para los empleados. Consiste en la adición de cloro al agua en diversas formas, como cloro gaseoso, hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio. El cloro tiene la capacidad de eliminar microorganismos presentes en el agua, incluyendo bacterias, virus y ciertos protozoos, al afectar sus células o modificar su material genético.



Cloraminación: En lugar de usar cloro solo, la Cloraminación implica la adición de compuestos de cloroamina (cloro combinado con amoníaco) al agua cruda. Las cloraminas son más estables y persisten en el agua por más tiempo que el cloro libre, lo que proporciona una desinfección residual para proteger el agua durante su distribución en las tuberías.

Ozonización: La ozonización es un método de desinfección que utiliza ozono (O₃), un gas altamente reactivo. El ozono se produce mediante la descarga eléctrica de oxígeno y se añade al agua cruda. El ozono es un potente oxidante que mata microorganismos y descompone compuestos orgánicos presentes en el agua. Es más eficiente que el cloro en la eliminación de algunos patógenos y no deja un residuo químico en el agua.

Ultravioleta (UV): La desinfección mediante radiación ultravioleta utiliza lámparas especiales de UV para emitir radiación de alta energía. Cuando el agua cruda pasa a través de la cámara de UV, la radiación destruye el material genético de los microorganismos, lo que impide su reproducción y capacidad de causar enfermedades. El método de desinfección UV no deja residuos químicos en el agua y no altera el sabor ni el olor.

Dióxido de cloro: El dióxido de cloro (ClO₂) es un gas amarillo verdoso que se utiliza como desinfectante en el agua cruda. Se genera in situ mediante la mezcla controlada de reactivos. El dióxido de cloro tiene propiedades oxidantes y antimicrobianas, y puede matar microorganismos, incluidos bacterias, virus y protozoos. También ayuda a reducir olores y sabores desagradables en el agua.

Es importante mencionar que algunos de estos métodos pueden utilizarse en combinación para obtener una mayor eficacia de desinfección. La elección del



método de desinfección dependerá de varios factores, como la calidad del agua cruda, los requerimientos regulatorios, los recursos disponibles y las preferencias locales.

a. Se propondrá metodologías para la remoción de arsénico con la utilización de materiales que se encuentran al alcance de cada poblador como el carbón activado, filtros graduados de arena y otros materiales.

- Desinfección física del agua.

La desinfección física del agua es un proceso que implica el uso de métodos físicos para eliminar o inactivar microorganismos patógenos en el agua. Por ello, se ha propuesto que la desinfección física logra la desinfección del agua en base a principios físicos. Los siguientes son los métodos comunes de desinfección física del agua:

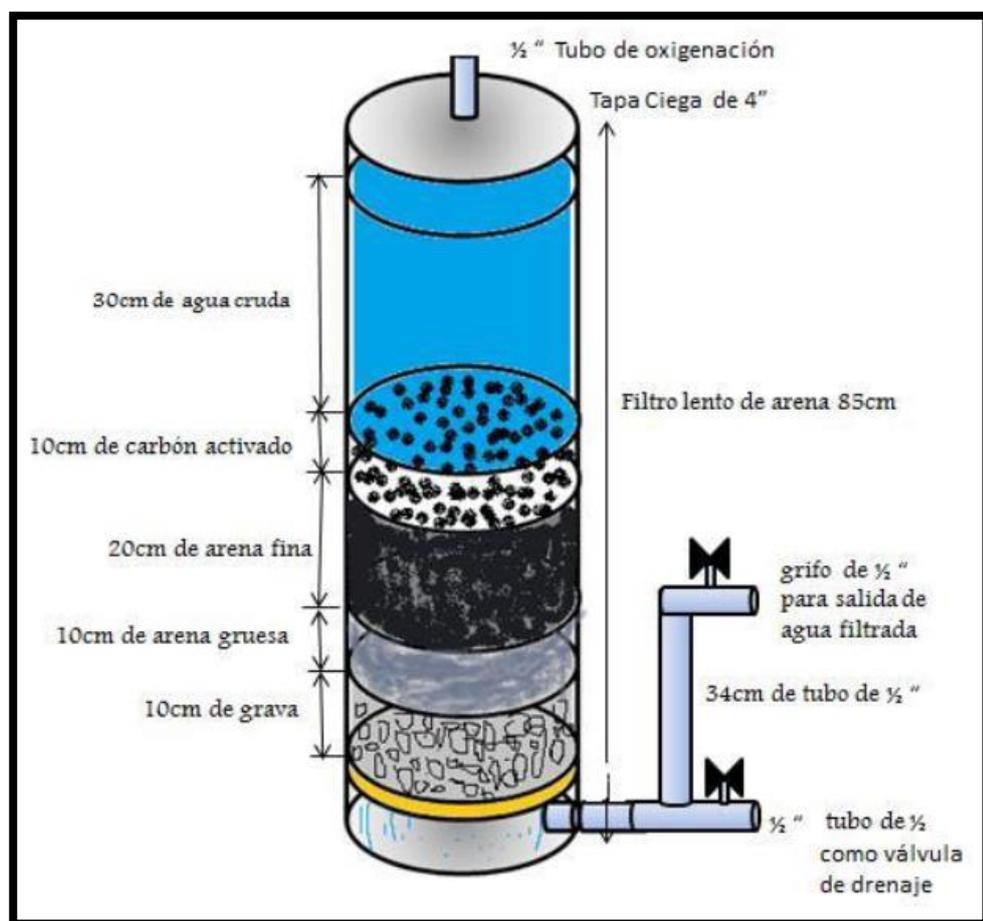
Método recomendado por filtración: La filtración es un proceso utilizado para eliminar partículas y microorganismos del agua. Según el grado de pureza requerido, se pueden utilizar diferentes medios filtrantes, como arena, carbón activado o membrana. El filtro puede capturar partículas y microorganismos de todos los tamaños para crear agua más limpia y libre de gérmenes.

Filtros de carbón activado. Los filtros de carbón activado operan siguiendo el mismo principio que los filtros de arena, pero se distinguen por el material empleado y su finalidad. El carbón activado es una sustancia natural con innumerables poros diminutos que atraen, capturan y descomponen las partículas contaminantes presentes en el agua. Este tipo de filtro suele estar diseñado para eliminar sustancias no polares, como aceites minerales, hidrocarburos,

compuestos aromáticos, cloro y sus derivados, así como sustancias halogenadas como el yodo, el bromo, el cloro, el flúor, y también para eliminar sabores y olores desagradables en el agua. Además, es resistente al agua, microorganismos, herbicidas, pesticidas y otros contaminantes, sin modificar la composición original del agua ni afectará los oligoelementos presentes, y no genera residuos (figura 12).

Figura 12

Filtro de Carbón Activo de Flujo Lento



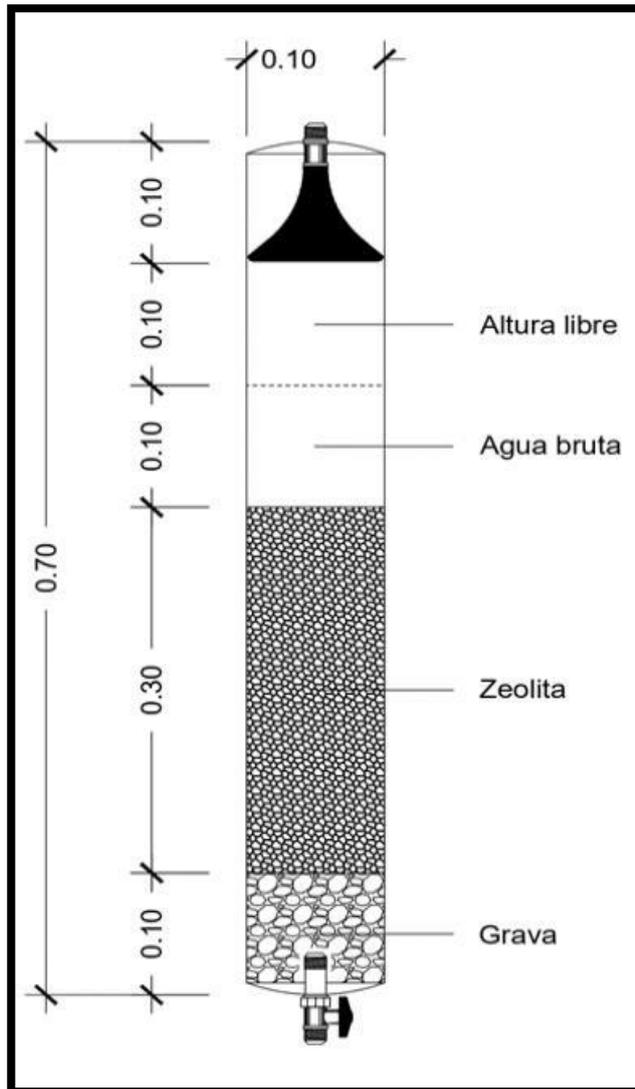
Fuente: Carcausto 2017

Siendo esta tecnología de “filtro lento de arena una alternativa optima con la retención de coliformes totales en un 94.39% y coliformes termotolerantes en un 98.96%.” (Carcausto, 2017)

Además, para eliminar el exceso de arsénico, se utiliza el método de filtración con zeolita propuesto por Yogafanny et al. (2018), cuya disposición se muestra en la figura 12.

Figura 13

Esquema de con zeolitas naturales de la región de Puno.



Fuente: (Turpo, 2022)

“La remoción de arsénico del agua subterránea es factible, utilizando zeolitas naturales como medio filtrante. El adsorbente de Atuncolla removió 47,56% de concentración de arsénico” (Turpo et al, 2022)



Algunas de las aplicaciones de este filtro incluyen la eliminación de olores, sabores, cloro residual y materia orgánica del agua de proceso cuando sea necesario. También se utiliza para eliminar el cloro y mejorar el sabor y el olor del agua en la producción de refrescos y en la industria alimentaria. Además, se emplea en la eliminación de cloro y materia orgánica del agua que se alimenta a equipos de desmineralización. En el tratamiento de aguas residuales y aguas industriales, este filtro se utiliza para eliminar materia orgánica y olores no deseados.

El filtro utilizado en esta aplicación se caracteriza por su precisión, lo que garantiza la pureza del líquido procesado, y su confiabilidad, asegurando un funcionamiento continuo y sin problemas de todo el sistema. (Medrano, 2006).

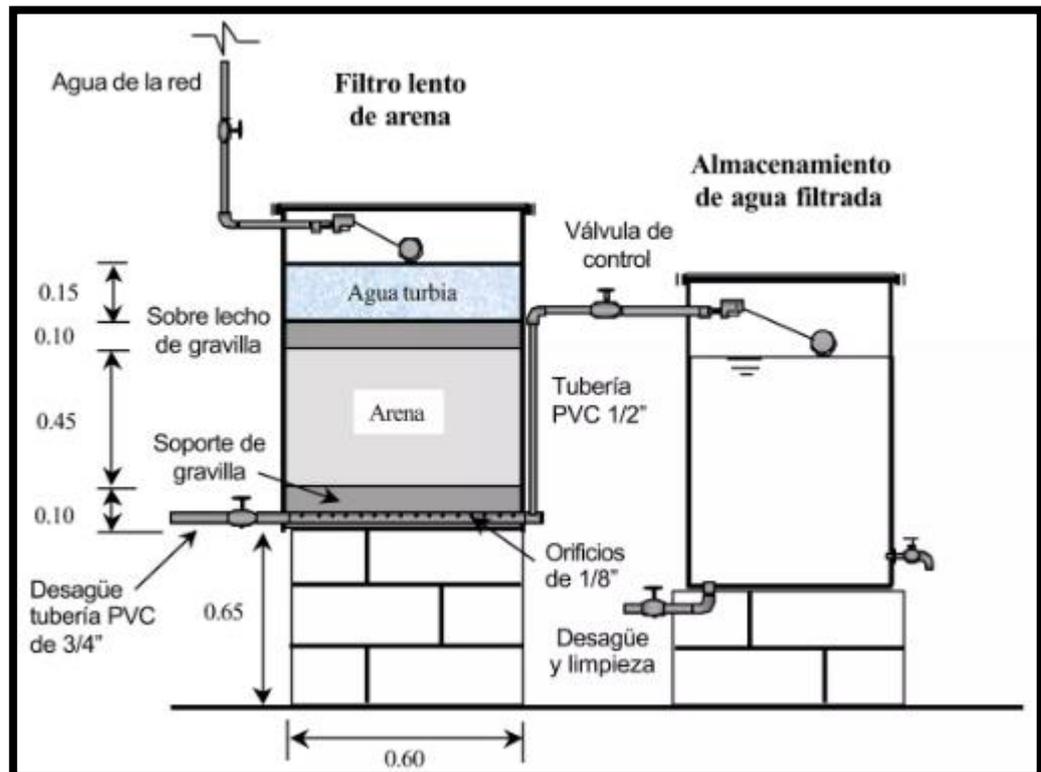
Filtro Lento de Arena Común. - La filtración lenta en arena (FLA) desempeña un papel fundamental en la mejora de la calidad del agua en zonas urbanas y rurales afectadas, gracias a su eficacia, diseño sencillo y facilidad de operación y mantenimiento. Este tipo de filtro, representado en la Figura 9, logra reducir de manera significativa la presencia de virus (total), bacterias (entre un 99% y un 99.9%), y protozoarios o huevos de nematodos perjudiciales para la salud (hasta un 99.99). %. En un filtro bien diseñado y operado, la turbidez del efluente puede llegar a ser tan baja como 1 unidad de turbidez nefelométrica (UTN) (Visscher, 1998).

La actividad biológica que se desarrolla en los lechos de filtración permite la eliminación de hasta un 50% del carbono orgánico biodegradable. La reducción del color real del agua alcanza hasta un 60% con la ayuda de la peroxidación. En lo referente al hierro, se puede reducir en un rango que va del 30% al 90%. Sin

embargo, es importante mencionar que los filtros se obstruyen rápidamente si el contenido de hierro es superior a 1 mg/l, por lo que se requiere utilizar un grano de arena más grande (~0.5 mm) en el filtro en comparación con el tamaño normales (TE 0.3 mm). Para mantener una filtración efectiva durante un período prolongado, el agua que ingresa a los filtros debe tener una turbidez promedio inferior a 10 UTN, lo cual se logra mediante el uso de filtros horribles (Wegelin et al, 1998).

Figura 14

Filtro de arena de flujo lento.



Fuente: Gonzales (2006)

Se puede notar que una variedad de microorganismos, incluyendo bacterias, protozoos, algas, hongos, micro crustáceos y nematodos, forma una delgada capa biológica que cubre la superficie del lecho de arena, que desempeña un papel fundamental en la mejora de la calidad física, química y bacteriológica



del agua destinada al consumo humano. El filtro de arena se compone de un contenedor de 200 litros, generalmente hecho de lámina o plástico, que está relleno con una capa de arena fina y una o dos capas de grava graduada para proporcionar soporte. Opcionalmente, puede incluir una capa intermedia de carbón vegetal. Además, requiere componentes como tuberías de PVC, conexiones y válvulas de control. Este filtro funciona mediante un flujo descendente, y la capa de arena debe mantenerse constantemente húmeda,

La tasa de filtración debe ser lo más constante posible y suele oscilar entre 0.01 y 0.1 m³/m²-hora, dependiendo de la turbidez del agua. Si la turbidez es mayor a 10 UTN, pero menor a 30, se recomienda utilizar una capa de grava sobre una malla o bandeja perforada como prefiltración antes de la arena. Esto ayuda a evitar la obstrucción rápida del filtro lento y contribuye a mejorar la calidad del agua filtrada.

Estos filtros lentos de arena caseros pueden producir entre 2.5 y 25 litros por hora de agua filtrada. Por lo tanto, para garantizar un suministro adecuado, se debe almacenar el agua filtrada en tanques para mantener una reserva. Si el filtro funcionará las 24 horas del día, podría proporcionar suficiente agua de calidad para todas las necesidades diarias de una familia de 5 miembros, llegando hasta 120 litros por día por persona. (González, 2006).

4.2. DISCUSIÓN

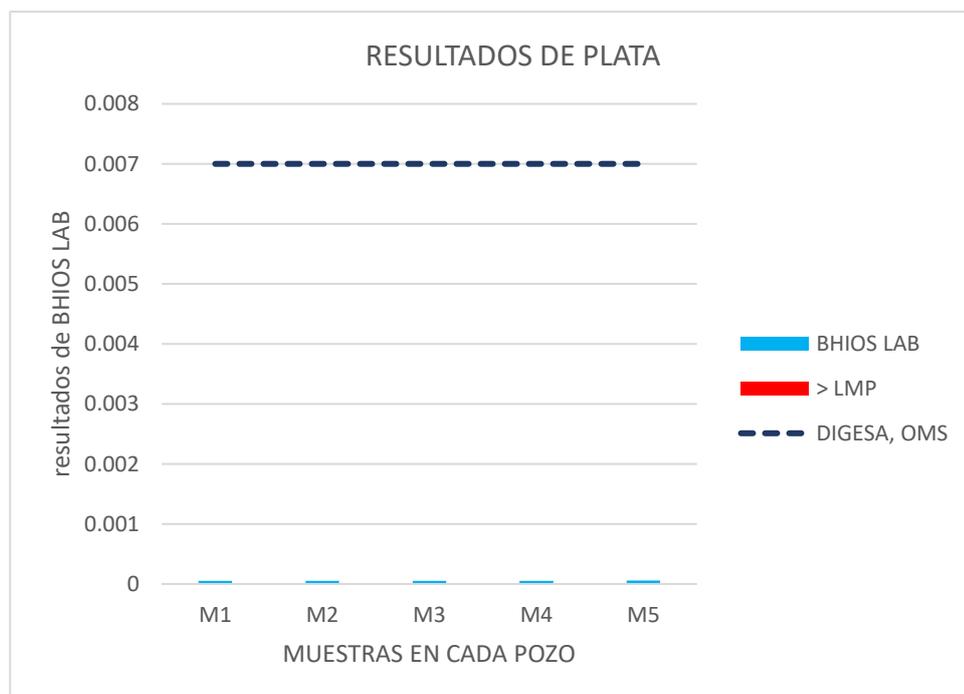
En cuanto a la evaluación de las concentraciones de los componentes químicos presentes en las aguas subterráneas en el área de estudio, se han obtenido los siguientes resultados:

4.2.1. Comparación de los resultados con las normativas vigentes.

Para la plata. Según estimaciones recientes, la ingesta diaria de plata por persona se sitúa en torno a los 7 μg . En el análisis de las muestras, los valores para la plata son los siguientes: M1 <0.00005 mg/L, M2 <0.00005 mg/L, M3 <0.00005 mg/L, M4 <0.00005 mg/L y M5 <0.00006 mg/L. Esto significa que 7 μg equivalen a 0.007 mg, y estos valores son mayores que los encontrados en las muestras M1, M2, M3, M4 y M5.

Figura 15

Comparación de plata con los LMP

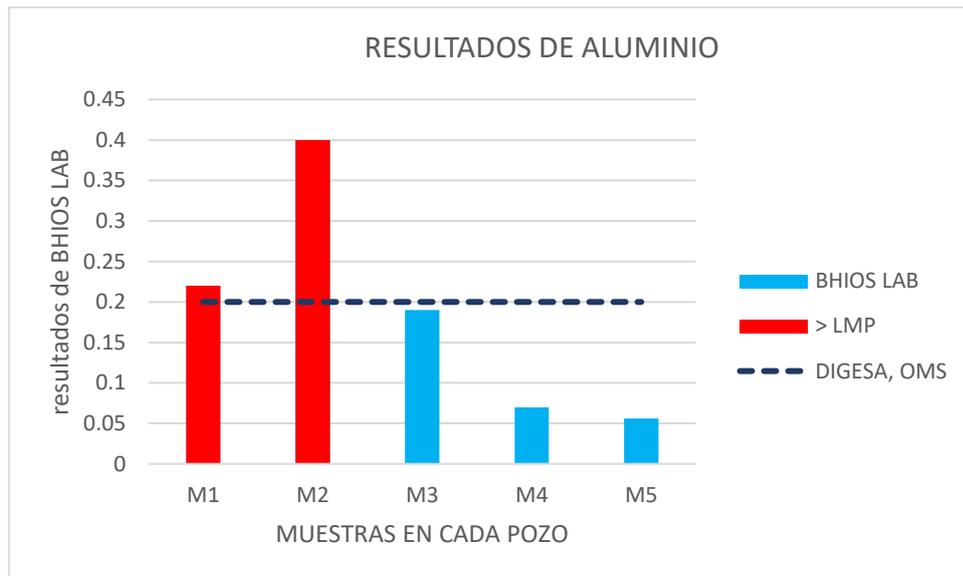


En este contexto, según Mata et al. (2014), el contenido de metales pesados en las aguas subterráneas no debe superar los 0.007 mg. En relación con el aluminio, los resultados son los siguientes: M1(0.22 mg/L), M2 (0.40 mg/L), M3 (0.19 mg/L), M4 (0.07 mg/L) y M5 (0.056 mg/L). Sin embargo, los estándares de calidad del agua establecidos que los niveles de aluminio deben ser inferiores a

0.2 mg/L. Por lo tanto, los valores que superan este estándar en las diferentes muestras pueden dar lugar a quejas por parte de los consumidores debido a la precipitación del floculo de hidróxido de aluminio.

Figura 16

Comparación de aluminio con los LMP

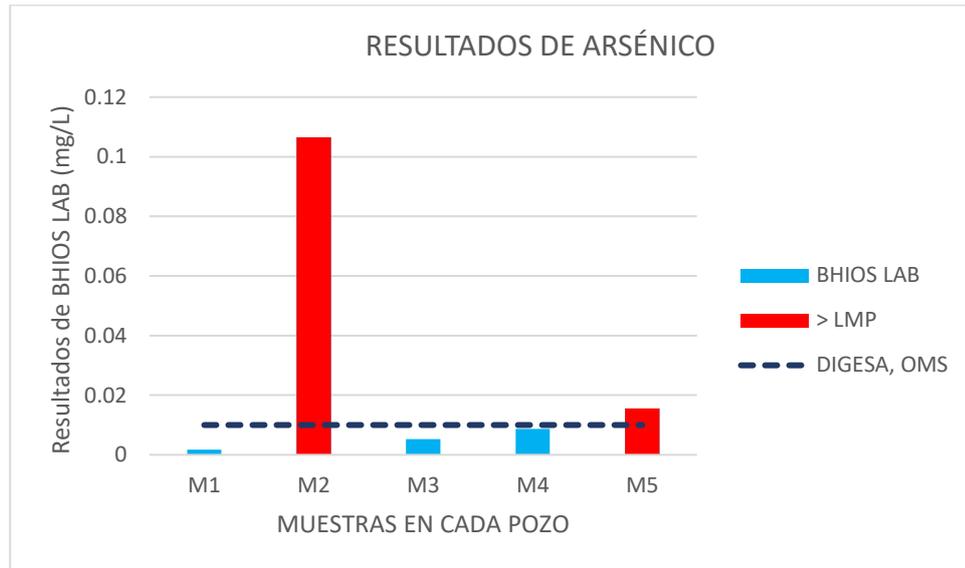


De acuerdo con lo establecido. (Martínez et al., 2002) en su estudio destinado al tratamiento de aguas de enfriamiento, se han obtenido los siguientes resultados para el arsénico en las muestras: M1 0.001787 mg/L, M2 0.1065 mg/L, M3 0.00531 mg/L, M4 0.00867 mg/L, M5 0.01558 mg/l. Según la legislación peruana, el límite permisible para el arsénico debe ser de 0.01 mg/L. En este contexto, los valores obtenidos en las pruebas de laboratorio muestran que M1, con 0.001787 mg/L, supera el límite permisible de 0.01 mg/L. Asimismo, M5 con 0.01558 mg/L y M2 con 0.1065 mg/L también están por encima de este valor de 0.01 mg/L. En contraste, únicamente M3 con 0.00531 mg/L y M4 con 0.00867 mg/L se encuentran por debajo del límite permisible, de acuerdo con lo indicado (Lillo, 2008) en su trabajo Riesgos geoquímicos: presencia natural de arsénico en

las aguas, en el mismo sentido se refirma (Litter, 2018) en la que manifiesta que un alto contenido de arsénico no es apto para consumo de agua.

Figura 17

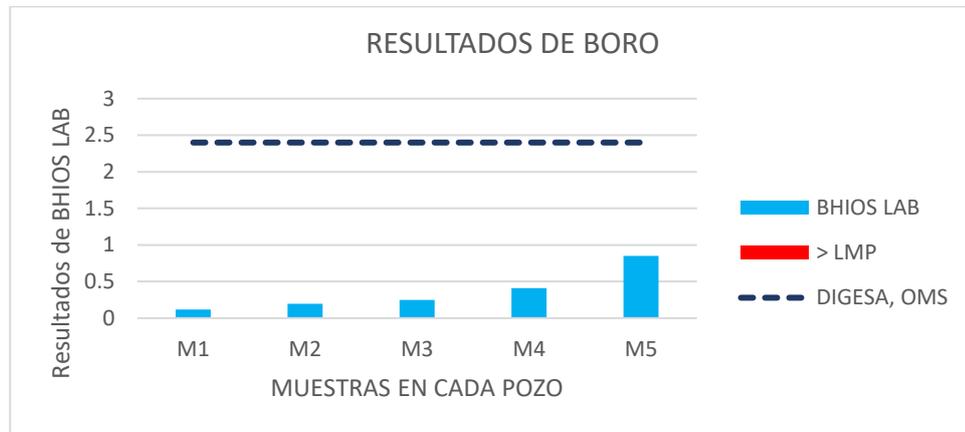
Comparación del arsénico con LMP



Los resultados para boro M1 0.120, M2 0.195, M3 0.250, M4 0.412 y M5 0.852, en tal sentido los valores permisibles según la legislación peruana sería de 2.4 mg/L, en tal sentido las muestras M1 0.120, M2 0.195, M3 0.250, M4 0.412 y M5 0.852, estarían por debajo de los estándares de calidad de agua cuyo valor es 2.4 mg/L según la norma peruana, así mismo (Mancilla-villa et al., 2014) expresa que el contenido de boro en el agua debe estar dentro de los rangos permisibles.

Figura 18

Comparación de los resultados de boro con LMP



Las concentraciones de bario en la M1 0.3125 mg/L, M2 0.1442 mg/L, M3 0.0392 mg/L, M4 0.3145 mg/L, M5 0.1241 mg/L, en tal sentido los valores de 0.7 mg/L, sería óptimo para el consumo humano, sin embargo los valores de las cinco muestras M1 0.3125 mg/L, M2 0.1442 mg/L, M3 0.0392 mg/L, M4 0.3145 mg/L, M5 0.1241 mg/L, se encuentran por debajo de los estándares de la calidad del agua que es el valor de 0.7 mg/L, según la norma peruana, de igual forma respecto al bario expresa (Suarez, 2015) que el bario en agua tratada proveniente de la perforación de pozos debe estar entre 0.7 mg/L.

Figura 19

Comparación de bario con los LMP

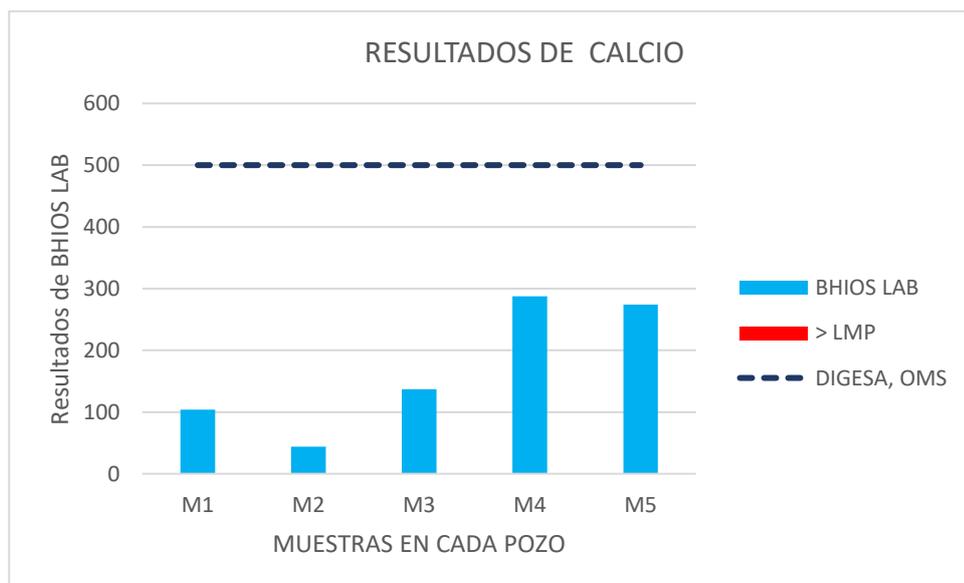


Los resultados para berilio la M1 <0.00002 mg/L, M2 <0.00003 mg/L, M3 <0.00002 mg/L, M4 <0.00002 mg/L, M5 <0.00005 mg/L, estos resultados de las cinco muestras se encuentran por debajo de calidad del agua, siendo el límite 0.012 mg/L, en ese sentido expresa (Sigler y Bauder, 2012), que el berilio debe estar en 0.012 mg/L.

Los resultados de calcio obtenidos para las distintas muestras se tiene los valores de M1 103.80 mg/L, M2 43.88mg/L, M3 136.99 mg/L, M4 287.80 mg/L, M5 274.20 mg/L; sin embargo, podemos precisar que dicho valor no tiene estipulado en la normatividad peruana valores estándares de calidad permisibles para el consumo, sin embargo según la normatividad de la OMS, se tiene hasta 500 mg/litro, por lo que podemos precisar que los valores de M1 103.80 mg/L, M2 43.88 mg/L, M3 136.99 mg/L, M4 287.80 mg/L, M5 274.20 mg/L, estaría por debajo de los valores estipulados por la OMS.

Figura 20

Comparación de los resultados de calcio con los LMP





Para cadmio en la M1 0.00005 mg/L, M2 0.00001 mg/L, M3 0.00003 mg/L, M4 0.00009 mg/L, M5 0.00005 mg/L, en tal sentido la norma peruana contempla los valores de 0.003 mg/L, es importante destacar que los resultados de las muestras analizadas para varios elementos químicos cumplen con creces los estándares de calidad del agua establecidos por la legislación peruana. Para el cadmio, las concentraciones en las muestras M1, M2, M3, M4 y M5 (0.00005 mg/L, 0.00001 mg/L, 0.00003 mg/L, 0.00009 mg/L y 0.00005 mg/L, respectivamente) están muy por debajo del límite permisible de 0.003 mg/L, según las normas de calidad del agua en Perú.

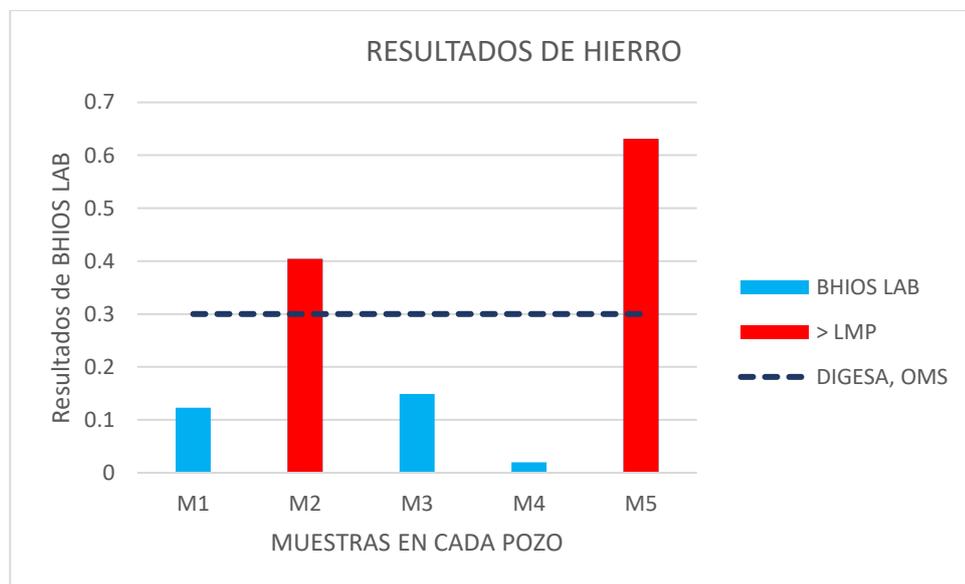
En cuanto al cromo, las concentraciones en las muestras M1, M2, M3, M4 y M5 (0.00033 mg/L, 0.00072 mg/L, 0.00041 mg/L, 0.00058 mg/L y 0.00070 mg/L, respectivamente) también son significativamente inferiores al límite establecido de 0.05 mg/L en la normativa peruana. En resumen, los resultados indican que todas las muestras cumplen de manera destacada con los estándares de calidad del agua en lo que respecta al cadmio y al cromo, lo que confirma su idoneidad para el consumo humano en relación a estos elementos químicos, respecto al (Arauzo *et al.* 2003). En relación a los resultados obtenidos para varios elementos químicos, es importante resaltar que se encuentran significativamente por debajo de los límites permitidos según la normativa peruana de calidad del agua.

Para el cobre, los niveles encontrados en las muestras M1, M2, M3, M4 y M5 (0.001 mg/L, 0.002 mg/L, 0.001 mg/L, 0.002 mg/L y 0.003 mg/L, respectivamente) son considerablemente inferiores a 2 mg/L, que es el límite establecido en las regulaciones. Esto confirma que todas las muestras cumplen ampliamente con las normas de calidad en cuanto al cobre.

Respecto al hierro, se observa que las concentraciones en las muestras M1, M2, M3, M4 y M5 (0.123 mg/L, 0.404 mg/L, 0.149 mg/L, 0.020 mg/L y 0.631 mg/L, respectivamente) están por debajo del estándar de calidad del agua, que es de 0,3 mg/L según la normativa. No obstante, la muestra M2 y M5 superan dicho límite.

Figura 21

Comparación de los resultados de Hierro con los LMP



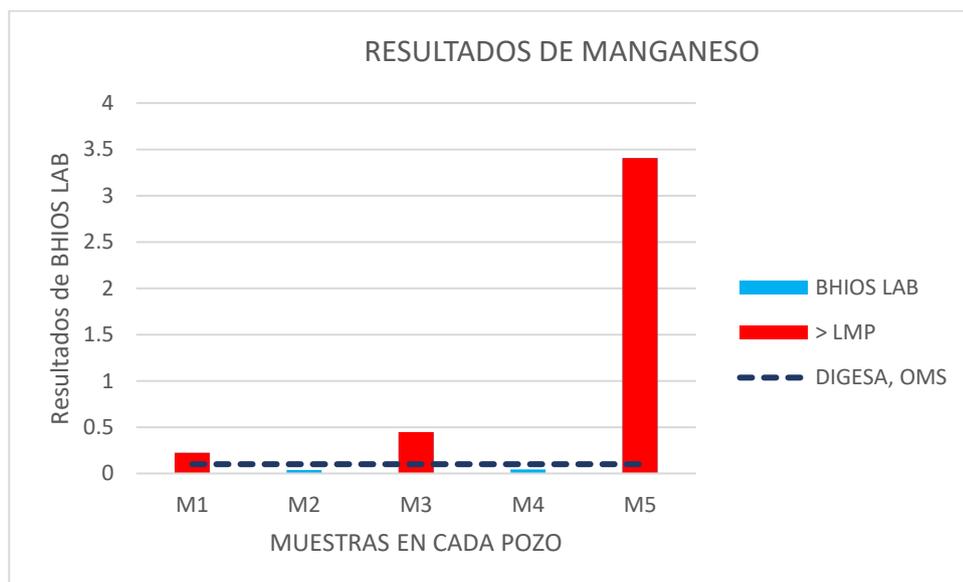
En cuanto al mercurio, las concentraciones en las muestras M1, M2, M3, M4 y M5 (<0.0005 mg/L en todas las muestras) están muy por debajo del límite admisible de 0.001 mg/L establecido en la normativa de calidad del agua. En resumen, la mayoría de las muestras analizadas para cobre y hierro cumplen con las normas de calidad del agua, pero algunas muestras exceden los límites para hierro. En cuanto al mercurio, todas las muestras están muy por debajo del límite permisible. (Loza y Ccancapa, 2020).

El nivel de manganeso en el agua se debe mantener por debajo de 0.1 mg/L, ya que una concentración elevada puede tener efectos adversos en la salud

humana. Sin embargo, es importante destacar que el valor de referencia basado en los efectos en la salud para el manganeso es de 0.4 mg/L para que se pueda potabilizar con tratamiento convencional, lo cual es mayor que el umbral de aceptabilidad de 0.1 mg/L. En este sentido, los resultados de las cinco muestras, que son de 0.2243 mg/L, 0.0385 mg/L, 0.4458 mg/L, 0.0454 mg/L y 3.406 mg/L, respectivamente, se encuentran por debajo de 0.4 mg/L., con excepción de la muestra M5, que supera este límite. Según (Mcfarland y Dozier, 1914), los problemas asociados al manganeso en el agua deben mantenerse por debajo de 0,4 mg/L.

Figura 22

Comparación de los resultados de manganeso con los LMP

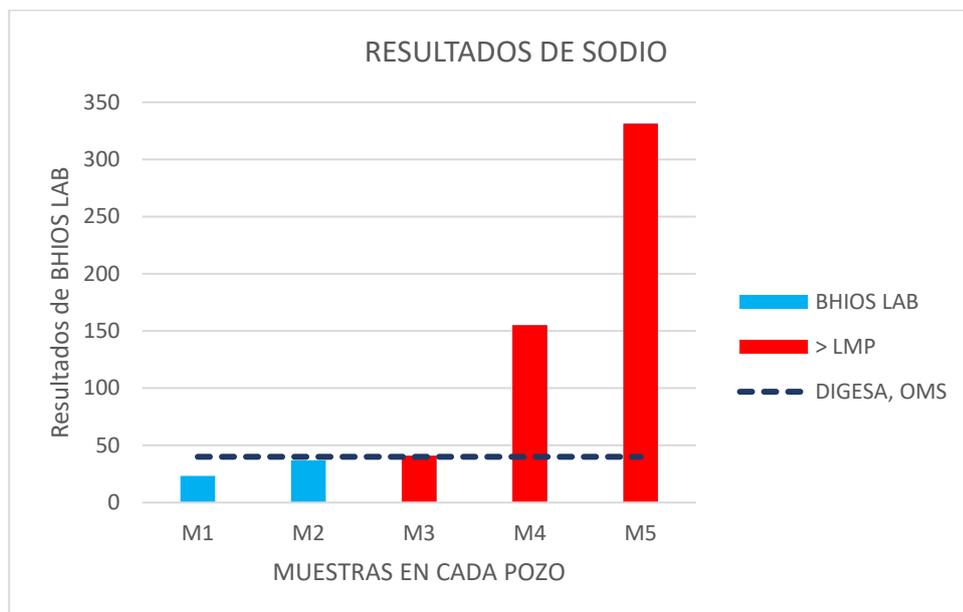


En cuanto al molibdeno, los resultados para las muestras M1, M2, M3, M4 y M5 son de 0.0013 mg/L, 0.0046 mg/L, 0.0035 mg/L, <0.0001 mg/L y 0.0040 mg/L, respectivamente. Estos valores están considerablemente por debajo del límite permisible de 0.07 mg/L.

Para el sodio, los resultados son de 23.17 mg/L, 36.88 mg/L, 40.80 mg/L, 155.10 mg/L y 331.32 mg/L para las muestras M1, M2, M3, M4 y M5, respectivamente. El valor permitido según la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 40 mg/L. En este caso, las muestras M1 y M2 cumplen con el límite de 40 mg/L, mientras que las muestras M3, M4 y M5 exceden este valor permisible los cuales pueden ser tratados con los sistemas de saneamiento básico familiar.

Figura 23

Comparación de los resultados de sodio con los LMP



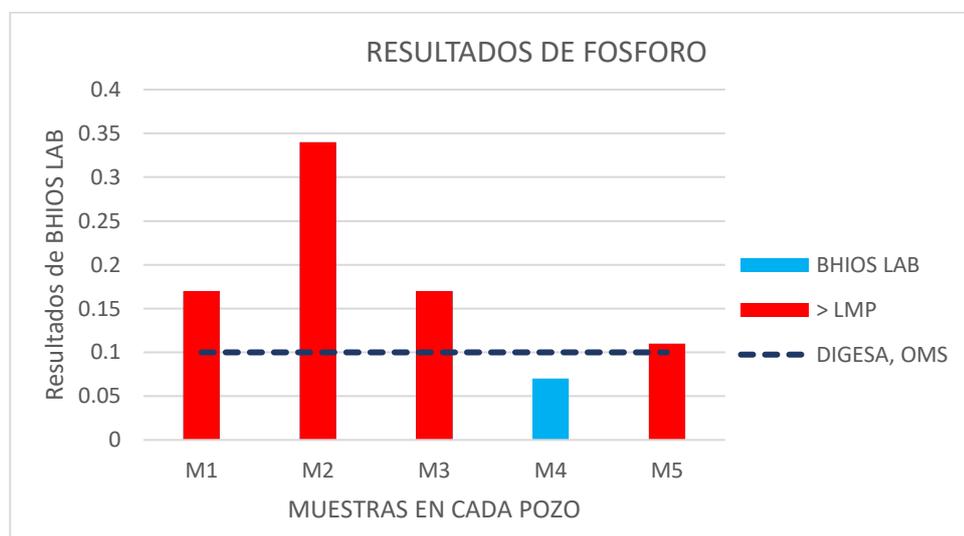
La mayoría de los elementos evaluados en las muestras cumplen con los estándares de calidad del agua, pero en algunos casos, como el manganeso, sodio y en menor medida el hierro, se han encontrado concentraciones que superan los límites permitidos en algunas muestras, en la cual según (Gigante et al., 2018), El contenido de sodio en el agua debe mantenerse en 40 mg/L, y este valor se confirma como estándar según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Del mismo modo

Para el níquel, los resultados de las muestras M1, M2, M3, M4 y M5, que son de 0.0004 mg/L, 0.0007 mg/L, 0.0005 mg/L, 0.0009 mg/L y 0.0025 mg/L., respectivamente, se encuentran por debajo del estándar de calidad del agua de 0.07 mg/L. Por lo tanto, todas las muestras son adecuadas para el consumo humano en cuanto al contenido de níquel.

En cuanto al fósforo, los resultados para las muestras M1, M2, M3, M4 y M5 son de 0.17 mg/L, 0.34 mg/L, 0.17 mg/L, 0.07 mg/L y 0.11 mg/L, respectivamente. El estándar de calidad del agua para el fósforo es de 0.1 mg/L, por lo que solo la muestra M4 con 0.07 mg/L cumple con este estándar. Las muestras M1, M2, M3 y M5 superan el estándar de calidad de agua en cuanto al fósforo.

Figura 24

Comparación de los resultados de fosforo con los LMP



En lo que, respecto al plomo, los resultados para las muestras M1, M2, M3, M4 y M5 son de 0.0007 mg/L, 0.0008 mg/L, 0.0005 mg/L, 0.0003 mg/L y 0.0009 mg/L, respectivamente. El estándar de calidad del agua para el plomo es

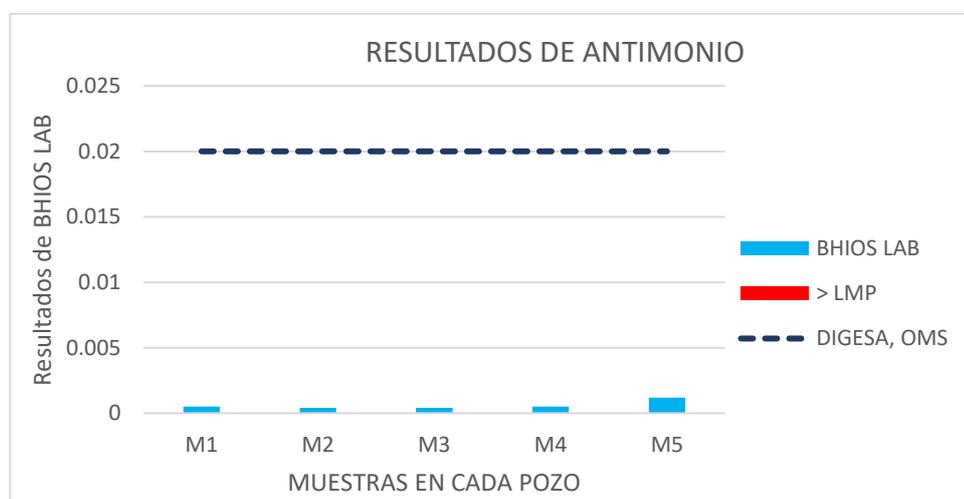
de 0.01 mg/L, por lo que todos los valores son aceptables para el consumo humano.

En el caso del sodio, níquel y plomo, los resultados de las muestras están dentro de los límites permitidos por los estándares de calidad del agua y son aptos para el consumo humano. Sin embargo, en el caso del fósforo, la mayoría de las muestras superan el estándar de calidad del agua. (Hernandez *et al.*, 1998), manifiesta que los Niveles de Pb, la concentración de plomo en el agua debe ser igual o inferior a 0.01 mg/L.

En relación con el antimonio, los resultados obtenidos para las muestras M1, M2, M3, M4 y M5, que son de 0.0005 mg/L, 0.0004 mg/L, 0.0004 mg/L, 0.0005 mg/L y 0.0012 mg/L, respectivamente, están por debajo del estándar de calidad del agua, que establece un límite admisible de 0.02 mg/L. Por lo tanto, todos los pozos son seguros para el consumo humano en lo que respecta al antimonio (Infantes, 2017), la concentración de antimonio en el agua debe estar por debajo de 0.02 mg/L.

Figura 25

Comparación de los resultados de antimonio con los LMP

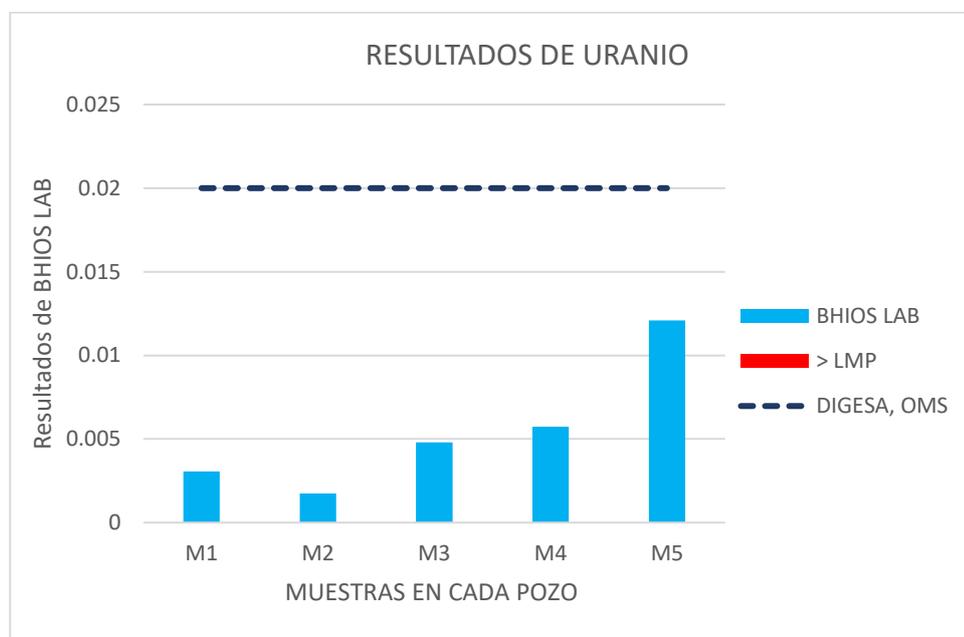


En cuanto al selenio, los resultados obtenidos para las muestras M1, M2, M3, M4 y M5, que son de 0.0002 mg/L, 0.0002 mg/L, 0.0002 mg/L, 0.0002 mg/L y 0.0003 mg/L, respectivamente, están por debajo del estándar de calidad del agua, que establece un límite admisible de 0.04 mg/L. Por lo tanto, todos los pozos de agua son seguros para el consumo humano en lo que respecta al selenio.

Seguidamente en cuanto al uranio, las concentraciones en las muestras M1, M2, M3, M4 y M5, que son de 0.00306 mg/L, 0.00174 mg/L, 0.00480 mg/L, 0.00573 mg/L y 0.01210 mg/L, respectivamente, están por debajo del estándar de calidad del agua para consumo humano, que establece un límite permisible de 0.02 mg/L (Herrera, 2018) que el contenido de uranio en el agua de consumo humano: tiene límites máximos permisibles el cual debe estar en 0.02 mg/L.

Figura 26

Comparación de los resultados de uranio con los LMP



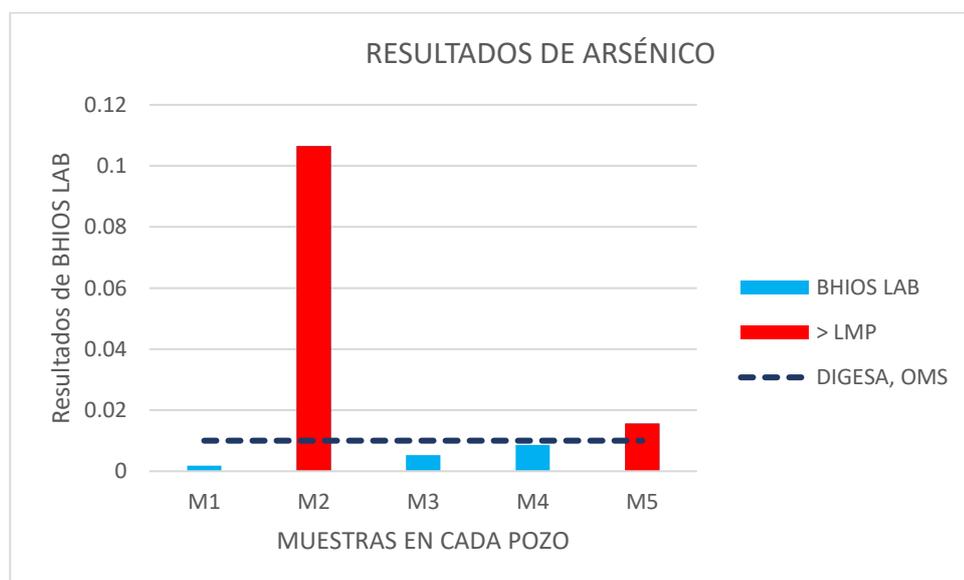
Para el de zinc se han obtenido para M1 0.014 mg/L, M2 0.081 mg/L, M3 0.040 mg/L, M4 0.009 mg/L, M5 0.070 mg/L, valores que se encuentran por

debajo de los estándares de calidad del agua según legislación peruana, por lo que se puede concluir que son aptas para el consumo humano, en la cual expresa (Biasi *et al.*, 2021), que los niveles de zinc, debe estar en 3 mg/L.

Conforme a las normas técnicas peruanas D.S. N° 004-2017-MINAM (ECA agua), se ha evidenciado que el porcentaje de concentraciones de As (Arsénico) en mg/L, para las distintas muestra realizadas en la evaluación efectuada se ha encontrado que en la M1 0.01787 mg/L, de igual forma para la M2 0.01065 mg/L, en cuanto para la M3 0.00531 mg/L, así mismo para la M4 0.00867 mg/L y finalmente para la M5 0.01558 mg/L, de estos datos obtenidos en laboratorio M3 0.00531 mg/L, M4 0.00867 mg/L, M1 0.01787 mg/L, se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la D.S. N° 004-2017-MINAM (ECA agua), OMS y la DIGESA en donde indican que el máximos es de 0.01 mg/L y las muestras M2 0.01065 mg/L y la M5 0.01558 mg/L, superan este dato, por lo que requiere tratamiento

Figura 27

Comparación del arsénico con los datos de la DIGESA y OMS





V. CONCLUSIONES

- Las aguas subterráneas de la comunidad campesina de Carata distrito de Coata, posterior al análisis realizado se indica que no son aptas para consumo humano directamente, sin embargo, es factible su potabilización con el uso de propuestas de saneamiento básico unifamiliar ya que los contaminantes existentes en el agua no exceden excesivamente los límites máximos permisibles. Las aguas subterráneas tienen valores que se encuentran por encima de los límites máximos permisibles según el muestreo de cada pozo subterráneo evaluado con lo establecido en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA.
- En comparación con los límites máximos permisibles establecidos por las normativas vigentes las aguas subterráneas en la comunidad campesina de Carata del distrito de Coata presentan contaminantes como arsénico que cuenta con datos en las muestras M1 (0.001787 mg/L), M5 (0.01558 mg/L) y M2 (0.1065 mg/L) los cuales superan este límite permisible de 0.01 mg/L, en cuanto aluminio las muestras M1 (0.22 mg/L), M2 (0.40 mg/L), superan los LMP que es de 0.2 mg/L, asimismo en concentraciones de hierro las muestras M2 (0.404 mg/L) y M5 (0.631 mg/L) superan dicho estándar que es de 0.3 mg/L, en concentraciones de manganeso la muestra M5 (3.406 mg/L) supera este estándar de calidad del agua que es de 0.4 mg/L, en concentraciones de sodio las muestras M3 (40.80 mg/L), M4 (155.10 mg/L) y M5 (331.32 mg/L) superan el límite permitido de 40 mg/L, finalmente las concentraciones de fósforo las muestras M1 (0.17 mg/L), M2 (0.34 mg/L), M3 (0.17 mg/L) y M5 (0.11 mg/L) superan este límite establecido para la calidad del agua que es de 0.1 mg/L, estos datos se analizaron según los estándares



de la calidad de agua para consumo humano establecido por la normativa D.S. N° 031-2010-SA.

- Según los resultados obtenido en un laboratorio certificado se logra plantear un sistema de saneamiento unifamiliar cuyos componentes son eficientes y viables para la potabilización de agua subterráneas mediante el uso de carbón activado que cumple la función de absorción de impurezas, compuestos químicos o contaminantes, la absorción en coliformes totales es de 94.39% y coliformes termotolerantes es de 98.96% según indica (Carcausto, 2027), asimismo para la remoción de arsénico y otros componentes químicos se propuso la utilización de zeolitas naturales como medio filtrante con el que se logra el 47.56 % de remoción (Turpo et al,2022), complementando con filtro lento de arena y su desinfección final, con ello se logra potabilizar el agua para consumo humano, los cuales también están al alcance de todas las familias de las zonas rurales.



VI. RECOMENDACIONES

- Primera. - debe realizarse un monitoreo continuo después de implementar el tratamiento para evaluar la eficacia y el éxito de la remoción de metales pesados. Esto permitirá ajustar y optimizar el proceso según sea necesario, para cada pozo.
- Segunda. - se debe cumplir con los estándares y regulaciones establecidos para la concentración de arsénico en el agua potable. En muchos países, el límite máximo permitido de arsénico en el agua potable es de 10 microgramos por litro ($\mu\text{g/L}$) o menos.
- Tercera. - para el sistema de saneamiento se plantea acciones estructurales mediante la instalación de una planta convencional de coagulación/filtración que vendría a ser un sistema de tratamiento de agua, considerando que la remoción de arsénico resulta factible técnica y económicamente a nivel municipal y a la vez para la desinfección física unifamiliar se recomienda medios de filtración, como arena, carbón activado o membranas, dependiendo del nivel de purificación requerido. Los filtros pueden retener partículas y microorganismos de diferentes tamaños.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Anónimo. (2021). Instrumentos de Investigación.

Apestequia Infantes, J. A. (2017). Determinación del contenido de antimonio en agua de consumo humano en envases de polietileno tereftalato y expendidas en forma ambulatoria en Lima Metropolitana.

Arauzo, M., Rivera, M., Valladolid, M., Noreña, C., & Cedenilla, O. (2003). Contaminación por cromo en el agua intersticial, en el agua del cauce y en los sedimentos del río Jarama. 22, 87–100.

Belizario, G. (2015). Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú. Rev. Investig. Altoandín., 17(1), 47–52.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18271/ria.2015.77>

Belizario, G. (2021). Epistemología ambiental aplicada al cambio climático y su impacto en la agricultura (ILAE (ed.); Primera Ed). Instituto Latinoamericano de Altos Estudios.
https://www.ilae.edu.co/web/Ilae_Files/Libros/202109231427551445415815.pdf

Belizario, G., Capacoila, J., Huaquisto, E., Cornejo, D. A., & Chui, H. N. (2019). Determinación del contenido de fosforo y arsenico, y de otros metales contaminantes de las aguas superficiales del río Coata, afluentes del Lago Titicaca, Perú. Rev. Boliv. Quim., 36(5), 223–228. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.5.4>

Belizario, G., Huaquisto, E., & Chirinos, T. (2013a). Efectos del cambio climático en la temperatura y precipitación - Capachica, Perú. Revista de Investigaciones Altoandinas, 15(4), 15–24.

Belizario, G., Huaquisto, E., & Chirinos, T. (2013b). Influencia del cambio climático en los elementos climáticos de la cuenca del río Coata-Puno. Revista Investigaciones Altoandinas, 15(1), 35–54.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5607224>

Brandt, C., Schwartz, B. I., & Fairbank, J. K. (2013a). Calidad del Agua para Consumo Humano. A Documentary History of Chinese Communism, 508–514.
<https://doi.org/10.4159/harvard.9780674734050.c14>



Brandt, C., Schwartz, B. I., & Fairbank, J. K. (2013b). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. A Documentary History of Chinese Communism, 508–514. <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674734050.c14>

Calvete Samper, J. (2018). Evaluación De Las Extracciones De Agua Subterránea Mediante Balances Hídricos. Medida y Evaluación de Las Extracciones de Agua Subterránea. ITGE.

Carcausto, C. (2017). Purificación de aguas subterráneas por medio de filtros lentos de arena para consumo humano en la comunidad de Thunco – Puno (tesis de postgrado).

Cutimbo, C. (2012). “Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de la Varada y los palos del distrito de Tacna.” Escuela Académico Profesional de Biología - Microbiología, 81–99.

de las Mercedes Biasi, A., Messina, G. A., & Gómez, N. N. (2021). Zinc determination in river and tap water samples of San Luis province and bottled waters. Creative Commons, 38–48.

Diaz N. (2015). Población y muestra. Poblacion y Muestra, 1–134.

Dilas, M. S. (2017). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA UTILIZADA PARA EL CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO PATA PATA - 2018. Ucv, 0–116.

Gigante, S., Noguera, F., Gómez, A., Aude, I., Raggio, L., Weinberger, B., & Garmendia, J. (2018). Sodium content in packaged mineral waters. Actualización En Nutrición, 19, 81–85.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (1ra. ed.). México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES.

Hernandez, L. A., Gutiérrez, D. A., Jiménez de Blas, O., Santiago, M., & Manzano, B. D. M. (1998). Estudio de los Niveles de Pb, Cd, Zinc y As, en aguas de la provincia de Salamanca. Revista Española, Salud Pública, 72(1), 53–65.

Hernandez, R. (2020). Metodologia de la investigacion (Vol. 21, Issue 1).



Herrera, J. V. (2018). El uranio en el agua de consumo humano: límites máximos permisibles. 582–585.

Lillo, J. (2008). Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas. Visite el GEMM Grupo de Estudios de Minería y Medioambiente (Textos y cursos online). Gemm, 33.

Litter, M. (2018). Arsénico en agua. Red de Seguridad Alimentaria (RSA-CONICET). “Informe final”, Argentina. Rsa-Conicet, 1–175.

López, G. J. A., Fornés, A. J. M., Ramos, G. G., & Villarroya, G. F. (2009). Las aguas subterráneas un recurso natural del subsuelo. In Instituto Geológico y Minero de España.

Loza Del Carpio, A. L., & Ccancapa Salcedo, Y. (2020). Mercury in a high altitude andes stream with strong impact by artisanal aurifer mining (La rinconada, puno, Peru). *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 36(1), 33–44. <https://doi.org/10.20937/RICA.2020.36.53317>

Mancilla-villa, O. R., Bautista-olivas, A. L., & Ramírez-ayala, H. M. O. C. (2014). Contenido de boro en el agua superficial de Puebla , Tlaxcala y Veracruz. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 5(5), 97–109.

Martínez, S., Meza, M., Gallegos, Á., Martínez, S. S., Martínez, E., Álvarez, A., Eléctricas, I. D. I., No, A. R., Palmira, C., & Morelos, T. (2002). Tecnología alternativa compatible con el ambiente para el tratamiento de aguas de enfriamiento: ionización de plata y cobre.

Mata, P. D. E. L. a, Belén, A., Merino, M., & González, A. (2014). Contenido en metales pesados de las aguas subterráneas en la ciudad de zaragoza. 12.

Mcfarland, M. L., & Dozier, M. C. (1914). Problemas del agua: el hierro y el manganeso. *El Sistema Universitario Texas A&M*, 1–6.

Mejía M, E. (2005). *Técnicas e instrumentos de investigación. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Investigación*, 9972-834-08–05, 7.



Ministerio del Ambiente. (2017). DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM: Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. *El Peruano*, 6–9.

Morales Goicochea, W. (2019). Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano en el caserío Pata Pata Centro Poblado Paríamarca - Cajamarca - 2020. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Cajamarca, 174.

Ordoñez Gáldez, J. J. (2011). Aguas Subterráneas - Acuíferos. Sociedad Geográfica de Lima, 2–44, 10.

Oscoco, M. G. T. (2019). Determinación de la calidad de agua subterránea para consumo humano. Repositorio Ucs, 31.

Pérez G., L., Guerrero P., P., & Suarez A., M. (2019). Calidad del agua subterránea en el municipio Jimaguayú. *Ingeniería Agrícola*, 9(3), 3–9.

Piguave, J., Castellano, M., Macías, A., Vite, F., Ponce, M., & Avila, J. (2019). Calidad microbiológica del agua subterránea como riesgo epidemiológico en la producción de enfermedad diarreica infantil. *Redalyc*, 47(2), 22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3556>

Roberto Hernández Sampieri. (2015). Metodología de la investigación. In *Syria Studies* (Vol. 7, Issue 1).

Sánchez, J., Alvarez, T., Pacheco, G., Carrillo, L., & González, R. (2016). Calidad del agua subterránea: acuífero sur de Quintana Roo, México. VII, 75–96.

Seda-irizarry, I. J. (2011). El capital de marx. *Cuadernos de Economía*, XXX(55), 275–280.

Sigler, A., & Bauder, J. (2012). Antimonio, Bario y Berilio. *Well Educated: Educación En El Agua de Pozo.*, 1.

Suarez, L. Y. T. (2015). Determinación de bario en agua tratada proveniente de la perforación de pozos de petróleo por espectroscopía visible (turbidimetría). 1, 1–27.



Suárez, P. (2011). Población de estudio y muestra. Curso de Metodología de La Investigación Unidad Docente de MFyC, 1–36.

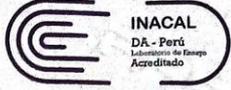
Torres-Parra, C. A., García-Ubaque, C. A., García-Ubaque, J. C., García-Vaca, M. C., & Pacheco-García, R. (2017). Agua segura para comunidades rurales a partir de un sistema alternativo de filtración. *Revista de Salud Publica*, 19(4), 453–459. <https://doi.org/10.15446/rsap.v19n4.56039>

Turpo Turpo, R. E., Ccama Vilca, J. W., & Quispe Diaz, I. K. (2022). Filtración de arsénico de aguas subterráneas con zeolitas naturales de la región Puno-Perú.



ANEXOS

ANEXO N° 1. Informe de ensayo N° 0504-2023

	<p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-055</p>	 <p>INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado</p>
Registro N° LE-055		
INFORME DE ENSAYOS N° 0504- 2023 PÁGINA 1 DE 2		
SOLICITANTE	: DAVID ALFREDO QUISPE YANA	
DIRECCIÓN	: AV. JULIACA 1601 - JULIACA - PUNO	
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA SUBTERRÁNEA	
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido transparente.	
CODIFICACIÓN / MARCA	: M-1	
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: 05/02/2023 15:27 Procedencia: 8277377 m S 396716 m E. Chinche Comunidad Carata - Distrito de Coata - Provincia de Puno - Departamento de Puno.	
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 1000 mL aprox. para análisis FQ.	
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envase PET cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.1°C.	
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)	
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)	
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada	
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada	
CONTRATO N°	: 0205-2023	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 07/02/2023	
CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:	<ul style="list-style-type: none">·El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.·No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.·En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.·En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.·Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.·El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.·BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.·El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.·Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.·Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.	
<small>PRP-06-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por : GG Página 1 de 2</small>		
Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110 e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com		

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 0504- 2023
PÁGINA 2 DE 2

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA	UNIDADES
				M-1	
FQ	Ag (Plata)	0,00001	0,00005	<0.00005	mg/L
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	0.22	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0.01787	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0.120	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0.3125	mg/L
FQ	Be (Berilio)	0,000003	0,00002	<0.00002	mg/L
FQ	Bi (Bismuto)	0,00002	0,00010	<0.0001	mg/L
FQ	Ca (Calcio)	0,010	0,050	103.80	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0.00005	mg/L
FQ	Ce (Cerio)	0,000003	0,00002	0.00085	mg/L
FQ	Co (Cobalto)	0,000001	0,00001	0.00026	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0.00033	mg/L
FQ	Cs (Cesio)	0,000002	0,00001	0.00012	mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0,0002	0,001	0.001	mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0,002	0,010	0.123	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	0,0001	0,0005	<0.0005	mg/L
FQ	K (Potasio)	0,004	0,020	9.81	mg/L
FQ	Li (Litio)	0,00002	0,00008	0.04204	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)	0,004	0,020	25.48	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002	0.2243	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	0.0013	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	23.17	mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0,00001	0,00006	0.0004	mg/L
FQ	P (Fosforo)	0,004	0,020	0.17	mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002	0.0007	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010	0.0005	mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001	0.0002	mg/L
FQ	Si (Silicio)	0,020	0,100	13.07	mg/L
FQ	Sn (Estaño)	0,00002	0,00010	<0.0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)	0,0001	0,0004	1.004	mg/L
FQ	Ti (Titanio)	0,00004	0,0002	0.0034	mg/L
FQ	Tl (Talio)	0,000004	0,00002	<0.00002	mg/L
FQ	U (Uranio)	0,000003	0,00002	0.00306	mg/L
FQ	V (Vanadio)	0,0001	0,0004	0.0027	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003	0.014	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Totales por ICP-MS : EPAMETHOD 6020 B, Rev. 22014 Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry (VALIDADO -Modificado) (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2020

OBSERVACIONES :

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al limite de cuantificación del método

LC: Limite de cuantificación del método.

LD: Limite de detección del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 07/02/2023 al 11/02/2023

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 13/02/2023



Bgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



ANEXO N° 2. Informe de ensayo N° 0505-2023



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 0505- 2023 PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE : DAVID ALFREDO QUISPE YANA
DIRECCIÓN : AV. JULIACA 1601 - JULIACA - PUNO
PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUBTERRÁNEA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido transparente.
CODIFICACIÓN / MARCA : M-2
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : 05/02/2023 16:02 Procedencia: 8276532 m S 397061 m E. Desvío Candile Comunidad Carata - Distrito de Coata - Provincia de Puno - Departamento de Puno.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 1000 mL aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envase PET cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.1°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA : Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN : No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No especificada
CONTRATO N° : 0205-2023
FECHA DE RECEPCIÓN : 07/02/2023

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del Lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por : GG Página 1 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
 Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
 e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 0505- 2023
PÁGINA 2 DE 2

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA	UNIDADES
				M-2	
FQ	Ag (Plata)	0,00001	0,00005	<0,00005	mg/L
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	0,40	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0,01065	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0,195	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0,1442	mg/L
FQ	Be (Berilio)	0,000003	0,00002	0,00003	mg/L
FQ	Bi (Bismuto)	0,00002	0,00010	<0,0001	mg/L
FQ	Ca (Calcio)	0,010	0,050	43,88	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0,00001	mg/L
FQ	Ce (Cerio)	0,000003	0,00002	0,00078	mg/L
FQ	Co (Cobalto)	0,000001	0,00001	0,00028	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0,00072	mg/L
FQ	Cs (Cesio)	0,000002	0,00001	0,00055	mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0,0002	0,001	0,002	mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0,002	0,010	0,404	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	0,0001	0,0005	<0,0005	mg/L
FQ	K (Potasio)	0,004	0,020	21,77	mg/L
FQ	Li (Litio)	0,00002	0,00008	0,04067	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)	0,004	0,020	10,23	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002	0,0385	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	0,0046	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	36,88	mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0,00001	0,00008	0,0007	mg/L
FQ	P (Fosforo)	0,004	0,020	0,34	mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002	0,0008	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010	0,0004	mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001	0,0002	mg/L
FQ	Si (Silicio)	0,020	0,100	13,19	mg/L
FQ	Sn (Estaño)	0,00002	0,00010	<0,0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)	0,0001	0,0004	0,4306	mg/L
FQ	Ti (Titanio)	0,00004	0,0002	0,0194	mg/L
FQ	Tl (Talio)	0,000004	0,00002	<0,00002	mg/L
FQ	U (Uranio)	0,00003	0,00002	0,00174	mg/L
FQ	V (Vanadio)	0,0001	0,0004	0,0034	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003	0,081	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Totales por ICP-MS : EPAMETHOD 6020 B, Rev. 22014 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (VALIDADO - Modificado) (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2020

OBSERVACIONES :

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método

LC: Límite de cuantificación del método.

LD: Límite de detección del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 07/02/2023 al 11/02/2023

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 14/02/2023



Bgd. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



ANEXO N° 3. Informe de ensayo N° 0506-2023



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 0506-2023 PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE : DAVID ALFREDO QUISPE YANA
DIRECCIÓN : AV. JULIACA 1601 - JULIACA - PUNO
PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUBTERRÁNEA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido transparente.
CODIFICACIÓN / MARCA : M-3
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : 05/02/2023 16:17 Procedencia: 8274981 m S 398297 m E. Candile
Comunidad Carata - Distrito de Coata - Provincia de Puno - Departamento de Puno.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 1000 mL aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envase PET cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.1°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA : Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN : No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No especificada
CONTRATO N° : 0205-2023
FECHA DE RECEPCIÓN : 07/02/2023

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 1 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

INFORME DE ENSAYOS N° 0506- 2023

PÁGINA 2 DE 2

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA M-3	UNIDADES
FQ	Ag (Plata)	0,00001	0,00005	<0.00005	mg/L
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	0.19	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0.00531	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0.250	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0.0392	mg/L
FQ	Be (Berilio)	0,000003	0,00002	<0.00002	mg/L
FQ	Bi (Bismuto)	0,00002	0,00010	<0.0001	mg/L
FQ	Ca (Calcio)	0,010	0,050	136.99	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0.00003	mg/L
FQ	Ce (Cerio)	0,000003	0,00002	0.00033	mg/L
FQ	Co (Cobalto)	0,000001	0,00001	0.00022	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0.00041	mg/L
FQ	Cs (Cesio)	0,000002	0,00001	0.00010	mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0,0002	0,001	0.001	mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0,002	0,010	0.149	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	0,0001	0,0005	<0.0005	mg/L
FQ	K (Potasio)	0,004	0,020	8.60	mg/L
FQ	Li (Litio)	0,00002	0,00008	0.05867	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)	0,004	0,020	29.33	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002	0.4458	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	0.0035	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	40.80	mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0,00001	0,00008	0.0005	mg/L
FQ	P (Fosforo)	0,004	0,020	0.17	mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002	0.0005	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010	0.0004	mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001	0.0002	mg/L
FQ	Si (Silicio)	0,020	0,100	13.85	mg/L
FQ	Sn (Estaño)	0,00002	0,00010	<0.0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)	0,0001	0,0004	1.066	mg/L
FQ	Ti (Titanio)	0,00004	0,0002	0.0045	mg/L
FQ	Tl (Talio)	0,000004	0,00002	<0.00002	mg/L
FQ	U (Uranio)	0,000003	0,00002	0.00480	mg/L
FQ	V (Vanadio)	0,0001	0,0004	0.0014	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003	0.040	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Totales por ICP-MS : EPAMETHOD 6020 B, Rev. 22014 Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (VALIDADO - Modificado) (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2020

OBSERVACIONES :

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método

LC: Límite de cuantificación del método.

LD: Límite de detección del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 07/02/2023 al 11/02/2023

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 14/02/2023

Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



ANEXO N° 4. Informe de ensayo N° 0507-2023



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 0507- 2023 PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE : DAVID ALFREDO QUISPE YANA
DIRECCIÓN : AV. JULIACA 1601 - JULIACA - PUNO
PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUBTERRÁNEA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido transparente.
CODIFICACIÓN / MARCA : M-4
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : 05/02/2023 17:07 Procedencia: 8276623 m S 399132 m E. Putucuni Pata - Comunidad Carata - Distrito de Coata - Provincia de Puno - Departamento de Puno.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 1000 mL aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envase PET cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.1°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA : Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN : No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No especificada
CONTRATO N° : 0205-2023
FECHA DE RECEPCIÓN : 07/02/2023

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

PRP-06-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por : GG Página 1 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
 Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
 e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 0507- 2023
PÁGINA 2 DE 2

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA		UNIDADES
				M-4		
FQ	Ag (Plata)	0,00001	0,00005	<0,00005		mg/L
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	0,07		mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0,000867		mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0,412		mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0,3145		mg/L
FQ	Be (Berilio)	0,000003	0,00002	<0,00002		mg/L
FQ	Bi (Bismuto)	0,00002	0,00010	<0,0001		mg/L
FQ	Ca (Calcio)	0,010	0,050	287,80		mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0,00009		mg/L
FQ	Ce (Cerio)	0,000003	0,00002	0,00005		mg/L
FQ	Co (Cobalto)	0,000001	0,00001	0,00015		mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0,00058		mg/L
FQ	Cs (Cesio)	0,000002	0,00001	0,00022		mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0,0002	0,001	0,002		mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0,002	0,010	0,020		mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	0,0001	0,0005	<0,0005		mg/L
FQ	K (Potasio)	0,004	0,020	15,42		mg/L
FQ	Li (Litio)	0,00002	0,00008	0,09576		mg/L
FQ	Mg (Magnesio)	0,004	0,020	81,00		mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002	0,0454		mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	<0,0001		mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	155,10		mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0,00001	0,00006	0,0009		mg/L
FQ	P (Fosforo)	0,004	0,020	0,07		mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002	0,0003		mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010	0,0005		mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001	0,0002		mg/L
FQ	Si (Silicio)	0,020	0,100	17,86		mg/L
FQ	Sn (Estaño)	0,00002	0,00010	<0,0001		mg/L
FQ	Sr (Estroncio)	0,0001	0,0004	2,001		mg/L
FQ	Ti (Titanio)	0,00004	0,0002	0,0004		mg/L
FQ	Tl (Talio)	0,000004	0,00002	0,00011		mg/L
FQ	U (Uranio)	0,000003	0,00002	0,00573		mg/L
FQ	V (Vanadio)	0,0001	0,0004	0,0034		mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003	0,009		mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Totales por ICP-MS : EPAMETHOD 6020 B, Rev. 22014 Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (VALIDADO - Modificado) (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2020

OBSERVACIONES :

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al limite de cuantificación del método

LC: Limite de cuantificación del método.

LD: Limite de detección del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 07/02/2023 al 11/02/2023

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 13/02/2023



[Signature]

Bgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



ANEXO N° 5. Informe de ensayo N° 0508-2023



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 0508-2023 PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE : DAVID ALFREDO QUISPE YANA
DIRECCIÓN : AV. JULIACA 1601 - JULIACA - PUNO
PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUBTERRÁNEA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido transparente.
CODIFICACIÓN / MARCA : M-5
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : 05/02/2023 17:23 Procedencia: 8277147 m S 398472 m E. Pakachi - Comunidad Carata - Distrito de Coata - Provincia de Puno - Departamento de Puno.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 1000 mL aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envase PET cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.1°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA : Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN : No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No especificada
CONTRATO N° : 0205-2023
FECHA DE RECEPCIÓN : 07/02/2023

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

PRP-08-F-05-JE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por : GG

Página 1 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
 Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
 e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 0508-2023
PÁGINA 2 DE 2

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA M-5	UNIDADES
FQ	Ag (Plata)	0,00001	0,00005	0,00008	mg/L
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	0,56	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0,01558	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0,851	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0,1241	mg/L
FQ	Be (Berilio)	0,000003	0,00002	0,00005	mg/L
FQ	Bi (Bismuto)	0,00002	0,00010	<0,0001	mg/L
FQ	Ca (Calcio)	0,010	0,050	274,20	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0,00005	mg/L
FQ	Ce (Cerio)	0,000003	0,00002	0,00043	mg/L
FQ	Co (Cobalto)	0,000001	0,00001	0,00232	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0,00070	mg/L
FQ	Cs (Cesio)	0,000002	0,00001	0,00040	mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0,0002	0,001	0,003	mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0,002	0,010	0,631	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	0,0001	0,0005	<0,0005	mg/L
FQ	K (Potasio)	0,004	0,020	13,44	mg/L
FQ	Li (Litio)	0,00002	0,00008	0,17078	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)	0,004	0,020	111,22	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002	3,406	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	0,0040	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	331,32	mg/L
FQ	Ni (Níquel)	0,00001	0,00006	0,0025	mg/L
FQ	P (Fosforo)	0,004	0,020	0,11	mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002	0,0009	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010	0,0012	mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001	0,0003	mg/L
FQ	Si (Silicio)	0,020	0,100	13,96	mg/L
FQ	Sn (Estaño)	0,00002	0,00010	<0,0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)	0,0001	0,0004	3,334	mg/L
FQ	Ti (Titanio)	0,00004	0,0002	<0,0002	mg/L
FQ	Tl (Talio)	0,000004	0,00002	0,00003	mg/L
FQ	U (Uranio)	0,000003	0,00002	0,01210	mg/L
FQ	V (Vanadio)	0,0001	0,0004	0,0030	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003	0,070	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Totales por ICP-MS : EPAMETHOD 6020 B, Rev. 2 2014 Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (VALIDADO -Modificado) (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2020

OBSERVACIONES :

LD: Límite de detección del método.
Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método
LC: Límite de cuantificación del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 07/02/2023 al 11/02/2023

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 14/02/2023

Bigo Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo DAVID ALFREDO QUISPE YANA,
identificado con DNI 7016931 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA AGRICOLA

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

“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRANEA

PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD CARETA

DISTRITO DE COATA ”

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.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 17 de ABRIL del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo DAVID ALFREDO QUISPE VANA,
identificado con DNI 70161931 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA AGRICOLA,

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

“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA
PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD CARATA
DISTRITO DE COATA ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

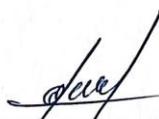
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 17 de ABRIL del 20 24



FIRMA (obligatoria)

