



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS

**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS
PARA USO EN ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EN LAS COMUNIDADES DE
QUEATA, CP CARATA, CUPIRO PAMPA, UQUISILLA, DISTRITO DE
COATA, 2021**

PRESENTADA POR:

YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE RECURSOS HÍDRICOS

PUNO, PERÚ

2023

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA USO EN ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EN LAS COMUNIDADES DE QUEATA, CP CARATA, CUPIRO PAMPA, UQUISILLA, DISTRITO DE COATA, 2021

AUTOR

Yesica Magnolia Mamani Arpasi

RECUENTO DE PALABRAS

19795 Words

RECUENTO DE CARACTERES

97526 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

109 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

9.2MB

FECHA DE ENTREGA

May 27, 2024 8:05 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 27, 2024 8:07 AM GMT-5

● **19% de similitud general**

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

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)
- Material citado


Dr. Roberto Alfaro Alejo
DOCENTE UNA PUNO


Ben Jared Luque Cozma
ING. ESTADÍSTICO E INFORMATICO
CIP. 116625



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA AGRICOLA

TESIS

**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEA
PARA USO EN ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EN LAS COMUNIDADES DE
QUEATA, CP CARATA, CUPIRO PAMPA, UQUISILLA, DISTRITO DE
COATA, 2021.**



PRESENTADA POR:

YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE RECURSOS HÍDRICOS

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE


.....
D.Sc. LEONEL PALOMINO ASCENCIO

PRIMER MIEMBRO


.....
M.Sc. PERCY ARTURO GINEZ CHOQUE

SEGUNDO MIEMBRO


.....
M.Sc. ALCIDES HECTOR CALDERON MONTALICO

ASESOR DE TESIS


.....
D.Sc. ROBERTO ALFARO ALEJO

Puno, 28 de diciembre del 2023

ÁREA: Ciencias de la ingeniería

TEMA: Metales pesados en aguas subterráneas

LÍNEA: Recursos naturales y medio ambiente



DEDICATORIA

A nuestro ser superior por darme esta oportunidad de vivir y tener salud, guiándome por el sendero adecuado de la vida.

A mi familia por ser un pilar fundamental en mi vida, por su apoyo incondicional y su confianza en mí.

A mis queridos padres Pedro Pastor Mamani Chahuares y Jacinta Arpasi Vilca por ser los mejores padres del mundo, quienes a lo largo de sus vidas me han inculcado la cultura del trabajo y estudio. Su dedicación y esfuerzo constante para asegurarme una educación son un regalo que valoro más allá de las palabras.

A mi esposo Eneas y a mis hijas Marcela Sohail e Ivanna Alexa por ser mi motivación principal y la fuerza que me impulsan toda mi vida.



AGRADECIMIENTOS

A nuestra primera casa de estudios Universidad Nacional del Altiplano – Puno. A la Escuela de Postgrado, Maestría en Ciencia de la Ingeniería Agrícola, por brindarme la oportunidad de ampliar mis conocimientos.

A mi madre por haberme proporcionado la mejor educación y lecciones de vida.

A mi padre le debo muchas de las cosas que he logrado incluido este trabajo de investigación donde me adiestró con reglas, pero al mismo tiempo con algunas libertades y siempre en todo momento me incitó a que logre mis sueños.

A mi esposo y a mis hijas Marcela e Ivanna por su apoyo y comprensión.

A Shomy Aymachoque Sicos por su apoyo incondicional en el desarrollo del presente trabajo.

A la municipalidad de Coata por brindarme su confianza y tiempo por apoyarme en la recolección de muestras de la comunidad de Queata, C.P. Carata, Cupiro Pampa y Uquisilla del distrito de Coata – 2021.

A los distinguidos miembros del jurado al D.Sc. Leonel Palomino Ascencio, M.Sc. Percy Arturo Ginez Choque, M.Sc. Alcides Hector Calderon Montalico, gracias, por permitirme amablemente formar parte del mismo.

Asimismo, a mi asesor D.Sc. Roberto Alfaro Alejo quien me apoyó con sus conocimientos y lograr resultados en esta investigación.

A todos y cada uno de Uds., muchas gracias.

Yesica Magnolia Mamani Arpasi.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1	Marco teórico	3
1.1.1	El agua	3
1.1.2	Recurso agua en el mundo	3
1.1.3	Agua en América Latina	4
1.1.4	Agua subterránea	4
1.1.5	Importancia del agua subterránea.	4
1.1.6	Calidad de aguas subterráneas.	4
1.1.7	Origen natural	5
1.1.8	Origen antropogénico	5
1.1.9	Características químicas del agua	5
1.1.10	Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego	6
1.1.11	Fenol	6
1.1.12	Metales pesados	7
1.1.14	Características biológicas del agua	10
1.1.15	Bacterias intestinales	10
1.1.16	Normativa vigente	10
1.2	Antecedentes	11

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1	Identificación del problema	21
2.2	Enunciados del problema	22
2.2.1	Enunciado general	22
		iii



2.2.2 Enunciados específicos	22
2.3 Justificación	23
2.4 Objetivos	23
2.4.1 Objetivo general	23
2.4.2 Objetivos específicos	24
2.5 Hipótesis	24
2.5.1 Hipótesis general	24
2.5.2 Hipótesis específicas	24

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio	25
3.2 Población	26
3.3 Muestra	26
3.4 Método de investigación	26
3.4.1 Diseño de la investigación	26
3.4.2 Tipo de investigación	27
3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	27

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Parámetros fisicoquímicos en aguas subterráneas	30
4.1.1 Potencial de hidrógeno (pH)	30
4.1.2 Conductividad	31
4.1.3 Temperatura	33
4.1.4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	34
4.1.5 Demanda química de oxígeno (DQO)	35
4.1.6 Fenoles	37
4.1.7 Oxígeno disuelto	37
4.2 Contenido de metales pesados en aguas subterráneas.	38
4.2.1 Aluminio	38
4.2.2 Arsénico	40
4.2.3 Boro	41
4.2.4 Bario	43
4.2.5 Berilio	44
4.2.6 Cadmio (Cd)	45



4.2.7 Cobalto (Co)	46
4.2.8 Cromo (Cr)	47
4.2.9 Cobre (Cu)	49
4.2.10 Hierro (Fe)	50
4.2.11 Mercurio (Hg)	51
4.2.12 Magnesio (Mg)	52
4.2.13 Manganeso (Mn)	53
4.2.15 Plomo (Pb)	56
4.2.16 Selenio	57
4.2.17 Zinc (Zn)	58
4.3 Calidad microbiológica en agua subterránea	59
4.3.1 Coliformes fecales	59
4.4 Prueba de hipótesis	60
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Ubicación geográfica de puntos de muestreo.	26
2. Comparación de pH con los ECAs de Agua.	30
3. Comparación de la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) con los ECAs Categoría 3.	32
4. Confrontación de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) con los ECAs Categoría 3.	33
5. Confrontación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) con los ECAs - Categoría 3	34
6. Resultado de demanda química de oxígeno (DQO) ECAs - Categoría 3.	36
7. Resultado de fenoles (mg/l).	37
8. Resultado de oxígeno disuelto (OD)(mg/l).	37
9. Resultado de valores de aluminio (Al).	39
10. Resultado de arsénico (As).	40
11. Resultado de boro (B).	42
12. Resultado de presencia de bario (Ba).	43
13. Resultado de presencia de berilio (Be).	45
14. Resultado de presencia de cadmio (Cd).	45
15. Resultado de cobalto (Co).	46
16. Resultado de la concentración de cromo (Cr).	48
17. Resultado de presencia de cobre (Cu).	49
18. Resultado de presencia de hierro (Fe).	50
19. Resultado de presencia de mercurio (Hg).	52
20. Resultado de presencia de magnesio (Mg).	52
21. Resultado de concentraciones de manganeso (Mn).	54
22. Resultado de presencia de níquel (Ni).	55
23. Resultado de concentración de plomo (Pb) presente.	56
24. Resultado de la presencia de selenio (Se).	57
25. Resultado de la concentración de zinc (Zn).	58
26. Resultado de presencia de coliformes fecales.	59
27. Resultado estadístico para la conductividad eléctrica (CE)	61
28. Resultado de prueba estadístico para una muestra de conductividad eléctrica (CE)	61
29. Resultado estadístico para una muestra de oxígeno disuelto (OD)	62
30. Resultado de prueba estadístico para una muestra de oxígeno disuelto (OD)	62



31.	Resultado estadístico para una muestra de aluminio (Al)	63
32.	Resultado de prueba estadístico para una muestra de aluminio (Al)	63
33.	Resultado estadístico para una muestra de cadmio (Cd)	64
34.	Resultado de prueba estadístico para una muestra de cadmio (Cd)	64
35.	Resultado estadístico para una muestra de boro (B)	65
36.	Resultado de prueba estadístico para una muestra de boro (B)	65
37.	Resultado estadístico para una muestra de magnesio (Mg)	66
38.	Resultado de prueba estadístico para una muestra de magnesio (Mg)	66
39.	Resultado estadístico para una muestra de plomo (Pb)	67
40.	Resultado de prueba estadístico para una muestra de plomo (Pb)	67

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Mapa de ubicación del área de estudio.	25
2. Variación de valores del potencial de hidrogeno en puntos muestreados.	31
3. Variación de valores de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en puntos muestreados.	32
4. Variación de valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en puntos muestreados.	34
5. Variación de valores de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) en puntos muestreados.	35
6. Variación de valores de demanda química de oxígeno (DQO) en puntos muestreados.	36
7. Variación de valores de oxígeno disuelto (OD) en puntos muestreados.	38
8. Variación de valores de aluminio (Al) en puntos muestreados.	39
9. Variación de valores de arsénico (As) en puntos muestreados.	41
10. Variación de valores de boro (B) en puntos muestreados.	42
11. Variación de valores de bario (Ba) en puntos muestreados.	44
12. Variación de valores de cadmio (Cd) en puntos muestreados	46
13. Variación de valores de cobalto (Co) en puntos muestreados.	47
14. Variación de valores de cromo (Cr) en puntos muestreados.	48
15. Variación de valores de cobre (Cu) en puntos de muestreo	49
16. Variación de valores de hierro (Fe) en puntos muestreados.	51
17. Variación de valores de magnesio (Mg) en puntos muestreados.	53
18. Variación de valores de manganeso (Mn) en puntos muestreados.	54
19. Variación de valores de níquel (Ni) en puntos muestreados.	55
20. Variación de valores de plomo (Pb) en puntos muestreados.	56
21. Variación de valores de selenio (Se) en puntos muestreados.	57
22. Variación de valores de zinc (Zn) en puntos muestreados.	58
23. Variación de valores coliformes fecales en puntos muestreados.	60



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Panel fotográfico	77
2. Reportes del laboratorio de agua subterránea de Cupiro Pampa.	80
3. Reportes del laboratorio de agua subterránea de Queata.	84
4. Reportes del laboratorio de agua subterránea el C.P. Carata	88
5. Reportes del laboratorio de agua subterránea de Uquisilla.	93

RESUMEN

Las aguas subterráneas han sido gravemente afectadas por la contaminación de aguas residuales urbanas y el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes en zonas agrícolas. El estudio evaluó la concentración de metales pesados en aguas subterráneas del distrito de Coata, utilizando muestras de cuatro pozos ubicados en las comunidades de Queata, Centro poblado Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, Los análisis físico-químicos, de metales pesados y microbiológicos fueron realizados por el laboratorio Bhios en Arequipa; para metales pesados se utilizó el método ICP-MS, para aniones DC 031, para DBO5, Fenoles, DQO, CE, OD el método APHA-AWWA-WEF y para nitrito, nitrato, sulfatos, cloruros y fluoruros el método DS-031. Sobre los resultados de los 4 pozos en periodo de estiaje se logró obtener los siguientes resultados: potencial de Hidrógeno oscilo de 7.7 a 8 unidades pH; conductividad varía de 707 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 7890 $\mu\text{S}/\text{cm}$; la temperatura de 20.8°C a 21°C; la (DBO5) osciló entre 2 mg/l a 3.2 mg/l; (DQO) vario de 11 mg/l a 111 mg/l; los fenoles de <0.002 a 0.002; el oxígeno disuelto osciló de 4.89 mg/l a 5.6 mg/l; Cloruros de 30.17 mg/l a 1827.08 mg/l; Fluoruro de <0.010 mg/l a 0.15 mg/l; Nitratos de 1.2 mg/l a 34.8 mg/l; Nitritos <0.020 mg/l a 4.472 mg/l; Sulfatos 1000.55 mg/l a 16.33 mg/l. Los metales pesados analizados fueron Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Berilio, Cadmio, Cobalto, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Magnesio, Manganeso y Níquel. Concluyendo que los valores del agua subterránea del centro poblado de Queata son los que sobrepasan los ECAs.

Palabras clave: Agua subterránea, coliformes, metales pesados, parámetros, uso agrícola.

ABSTRACT

Groundwater has been severely affected by urban wastewater contamination and the excessive use of pesticides and fertilizers in agricultural areas. The study assessed the concentration of heavy metals in groundwater in Coata district, using samples from four wells located in the communities of Queata, Carata Population Center, Cupiro Pampa, and Uquisilla. Physical-chemical, heavy metal, and microbiological analyses were performed by Bhios laboratory in Arequipa; for heavy metals the ICP-MS method was used, for anions DC 031, for BOD5, phenols, COD, EC, DO the APHA-AWWA-WEF method and for nitrite, nitrate, sulfates, chlorides and fluorides the DS-031 method was used. On the results of the 4 wells in the low water period, the following results were obtained: hydrogen potential ranged from 7.7 to 8 pH units; conductivity ranged from 707 $\mu\text{S}/\text{cm}$ to 7890 $\mu\text{S}/\text{cm}$; temperature ranged from 20.8°C to 21°C; (BOD5) ranged from 2 mg/l to 3.2 mg/l; (COD) ranged from 11 mg/l to 111 mg/l; phenols from <0.002 to 0.002; dissolved oxygen ranged from 4.89 mg/l to 5.6 mg/l; Chlorides from 30.17 mg/l to 1827.08 mg/l; Fluoride from <0.010 mg/l to 0.15 mg/l; Nitrates from 1.2 mg/l to 34.8 mg/l; Nitrites <0.020 mg/l to 4.472 mg/l; Sulfates 1000.55 mg/l to 16.33 mg/l. The heavy metals analyzed were Aluminum, Arsenic, Boron, Barium, Beryllium, Cadmium, Cobalt, Chromium, Copper, Iron, Mercury, Magnesium, Manganese and Nickel. It is concluded that the groundwater values of the Queata population center are those that exceed the EQSs

Key words: Agricultural use, coliforms, groundwater, heavy metals, parameters.



Dra. Myriam E. Pacheco Tenaka
CQF. 01222

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua para uso agrícola cada vez más es un tema de preocupación, además de que está relacionada con calidad de vida, desarrollo, bienestar. La mayor reserva de agua a nivel global representa el 0.3% y la mayoría se localiza en glaciares y mantos de hielo; a partir de aquí el agua subterránea representa el 97% del total de agua dulce reservada (UNESCO, 2015). El agua pese a ser el líquido máspreciado que se tiene por tener moléculas que intervienen en procesos vitales de todo ser vivo, siempre ha quedado rezagada dentro de las prioridades de atención.

El presente estudio da a conocer la calidad de agua subterránea fisicoquímicos y biológicos de las comunidades de Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, distrito de Coata, para uso en la agricultura y riego. En muchas zonas como en el departamento de Puno el agua subterránea es la mayor fuente de agua en muchos casos se utiliza para consumo humano, estos pozos no cuentan con un previo análisis por lo que no se puede garantizar la calidad para su uso.

Por tal motivo se realizó un seguimiento a los pozos en épocas de estiaje, así poder determinar la calidad del agua subterránea y evitar consecuencias a futuro ya sea en suelos o una intoxicación introducida a los animales y esto afectaría a la cadena trófica.

La presente investigación está conformada por los siguientes capítulos:

CAPÍTULO I: explicaremos el análisis de la problemática, se encontrarán las preguntas y objetivos. Como también la justificación a la investigación, hipótesis y la operacionalización de variables.

CAPITULO II: presentará los antecedentes del estudio muy similares de otros autores, bases teóricas y marco conceptual, donde define los términos principales en base a la investigación.

CAPITULO III: muestra la metodología de investigación: como el tipo y diseño, técnicas e instrumentos, presenta el lugar, la población y muestra, dando a conocer el procedimiento metodológico.

CAPÍTULO IV: los resultados y discusiones, aquí detallan los datos logrados en la investigación, con la interpretación y la comparación con otros autores.



Al culminar la investigación se llega a la conclusión que la calidad fisicoquímica, metales pesados, coliformes fecales cumplen en un 80% con los ECAS- C 3.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

1.1.1 El agua

El agua es vital para la vida en la Tierra, ya que es clave para la supervivencia de los organismos, el equilibrio de los ecosistemas y el progreso de las actividades humanas. Entender qué es el agua, sus propiedades y su relevancia diaria es esencial para fomentar su uso responsable y salvaguardar este recurso tan valioso. (UNESCO, 2015)

1.1.2 Recurso agua en el mundo

En los últimos años se ha visto un gran incremento de población, lo que conlleva a la necesidad de dotar cada vez más agua (FAO, 2011), por esta situación existe tensión sobre los recursos hídricos disponibles y corre riesgo de no ser explotado sosteniblemente (Wada y Bierkens, 2014)

En todo el mundo a causa de la escasez y baja calidad de agua, se ha puesto los ojos en las aguas subterráneas. La calidad depende en gran medida de la composición de la recarga hídrica y reactividad de formaciones geológicas de los acuíferos, el impacto ambiental de actividades antropogénicas y cambios en el ambiente pueden afectar la movilidad geoquímica de algunos componentes (Shrestha et al., 2015). Por otro lado, UNESCO indicó que el cambio climático influirá de manera negativa en calidad y cantidad de agua para satisfacer las necesidades del ser humano a nivel mundial esto a causa de la disposición desigual del recurso hídrico (UNESCO, 2020) Negando totalmente que existe escasez de agua, más al contrario está siendo utilizado o contaminado de manera insostenible (UNESCO, 2019).

1.1.3 Agua en América Latina

Catorce de veinte países Latinoamericanos tienen problemas de contaminación de agua: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Perú y Uruguay. Según la OMS, el arsénico no debe sobrepasar 10 $\mu\text{g/l}$ en agua para consumo, de otro modo tiene consecuencias en la salud. En América latina se identificó la presencia de As en los últimos 10-15 años (Bundschuh et al., 2018).

1.1.4 Agua subterránea

Todo líquido que está almacenada y transita en el subsuelo, creando los acuíferos. Su medio de alimentación son las lluvias, por medio del proceso de infiltración. Otras fuentes llegan a ser ríos, arroyos, lagos y lagunas.

Al encontrarse bajo el nivel freático satura los poros de forma completa. Fluye al área de manera natural por vertientes o manantes. El desplazamiento en acuíferos es a partir de zonas de carga y recarga, con una velocidad de 1 metro/año a centenares de m/día, convirtiéndose en grandes volúmenes de almacenamiento de agua (Caraballo Collazo y Montaña Xavier, 2012).

1.1.5 Importancia del agua subterránea.

Este es el acuífero de agua dulce más grande disponible. Su función en el ecosistema es importante puesto que alimentan manantiales, lagos, lagunas, humedales y ríos. Además, equilibran el agua dulce y el agua de mar de los acuíferos costeros. Sin embargo, ahora abastece directamente a un gran número de personas tanto en zonas urbanas como rurales (Mamani-Ramos et al., 2019).

1.1.6 Calidad de aguas subterráneas.

a) Contaminantes en agua subterránea

El agua subterránea es generalmente dulce y apto para potabilizar. No obstante, las capas freáticas pueden ser un problema según su composición en sales. El tránsito del agua beneficia la depuración de microorganismos (Castillo, 2021).

Las aguas subterráneas se refieren a todas las aguas del subsuelo, es decir, aquellas que se encuentran en el área de saturación. La contaminación incluye cualquier cambio en sus propiedades físicas, químicas o biológicas en concentraciones que impidan que sea apta para el uso deseado o puedan dañar el medio acuático, los seres vivos, los sectores agrícola, industrial, comercial, recreativo y/o del medio ambiente en popular (Bosch, 1999).

1.1.7 Origen natural

La acumulación de metales en los suelos depende de los componentes químicos de la madre roca y los procesos al cual se somete, los materiales que forman la estructura de estos; en otros casos, la concentración excesiva de metales también puede deberse a su estructura geológica a los que se encuentran expuestos; debido a estos procesos de meteorización existen concentraciones excesivas de metales que se da por la formación y estructura geológica no contaminada. El efecto de los diferentes procesos ambientales sobre rocas y suelos formados a partir de ellas, para deducir metales pesados en la estructura son muy importantes (Leiva et al., 2014).

1.1.8 Origen antropogénico

Hoy en día, es penoso encontrar un producto manufacturado que no interfiera con los metales pesados. Los orígenes antropogénicos de los metales se agrupan en relación a las actividades económicas de la población que dependen y afectan estrechamente la salud de los ríos: agrícola (agricultura, ganadería, acuicultura), industrial (recuperación de bosques, bancos de materiales) y doméstica (Leiva et al., 2014).

1.1.9 Características químicas del agua

Los diversos compuestos químicos disueltos en el agua pueden tener origen natural o industrial, y su impacto puede variar dependiendo de su composición y concentración. Por ejemplo, pequeñas cantidades de hierro y manganeso no solo pueden causar cambios en el color del agua, sino que también pueden oxidarse y formar depósitos de hidróxido férrico y óxido de manganeso en las tuberías de agua. Las aguas duras son aquellas que necesitan una cantidad significativa de jabón para producir espuma, y también tienden a formar incrustaciones en tuberías de agua

caliente y calderas. La dureza del agua se mide en miligramos equivalentes de carbonato de calcio por litro. (Llado, 2019).

1.1.10 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego

El agua para fines agrícolas es utilizada para riego en diferentes cultivos y otras actividades. Se prohíbe el uso de aguas residuales en la agricultura, con excepción de las aguas residuales tratadas que sus concentraciones no superen los niveles de calidad. (Leiva et al., 2014)

Otras determinaciones sistemáticamente recomendadas son: alcalinidad, color, turbidez, potencial redox. Los valores del potencial redox sólo son válidos si se miden in situ utilizando instrumentos de precisión adecuadamente calibrados. Determinaciones opcionales según la finalidad del muestreo: – Compuestos nitrogenados lábiles – Oxígeno disuelto. Uno de los principales problemas de las pruebas de campo es mantener la correcta calibración y limpieza adecuada del instrumento a utilizar. Obviamente, los datos parámetros medidos en el momento del muestreo son insulsos si no se lleva con cuidado los protocolos de calibración y mantenimiento de cada instrumento” (Mayorga Moreno, 2010).

Se sabe que, las aguas subterráneas usualmente no tienen olores por compuestos orgánicos, en otras situaciones pueden emitir un olor desagradable parecido a huevo podrido, como consecuencia del sulfuro de hidrógeno que reacciona con el agua de pH bajo. Podrían presentarse tanto en agua potable como aguas naturales (Castillo, 2021).

1.1.11 Fenol

En las fuentes de abastecimiento de agua, los compuestos químicos de origen industrial pueden llegar a través de residuos vertidos en el agua. Estos contaminantes pueden incluir metales pesados, productos químicos tóxicos y otros desechos industriales que afectan la calidad del agua y pueden ser perjudiciales para la salud y el medio ambiente. Una pequeña concentración en presencia de cloro produce un gusto muy desagradable (Apaza Quispe, 2020).

1.1.12 Metales pesados

La polución medioambiental por metales pesados ha ido creciendo y no son biodegradables, con el tiempo están expuestos a que se acumule en el organismo de las personas y animales. Los metales en su mayoría son tóxicos hasta en bajas concentraciones, depende de la capacidad de solubilidad (Apaza Quispe, 2020).

A. Mercurio (Hg)

Es un acero acuoso de color plateado blanco; en temperatura ambiente es volátil por su presión alta de vapor, convirtiéndose en un contaminante ya que puede provocar reacciones que puede involucrar a los microorganismos convirtiendo compuestos orgánicos e inorgánicos en todas las formas de mercurio (Hg) (Altamirano & Delgado, 2020).

El mercurio se utiliza en forma de amalgamas. Es utilizado en centros odontológicos, extracción del oro, termómetros, cosméticos, fungicidas, insecticidas, en fábrica de papelería, conservantes como semillas y vacunas, baterías, ordenadores y componentes electrónicos (Quenta, 2015).

Para desintoxicar con relación al mercurio se utilizan sustancias ricas en azufre, si la contaminación es grande se recurre a la hemodiálisis (Apaza & Calcina, 2014)

Toxicidad

El ingreso del mercurio al organismo se da por vías: respiratoria, oral, y dérmica. La principal vía es la oral ya que del 90 al 95% se absorben en el tracto gastrointestinal (Quenta, 2015).

Relacionado con una intoxicación a nivel de citoplasma, donde afecta la homeostasis del calcio produciendo una muerte neuronal aun en una exposición de menos de 24 horas (Quenta, 2015).

B. Arsénico (As)

Este metal tiene un olor aliáceo, nace como subproducto de plomo y cobre. Capaz de crear sustancias orgánicas e inorgánicas en el cuerpo humano y medio ambiente (Altamirano y Delgado, 2020).

Es utilizado en el proceso de la elaboración del vidrio, pigmentos textiles, papel, adhesivos metálicos, conservantes de madera y municiones. También se usa en el proceso de curtiembres y en una mínima concentración en la fabricación de plaguicidas y productos farmacéuticos. Sus efectos tóxicos son a partir de radicales libres (Mamani Navarro, 2019).

Toxicidad

Por medio de la ingesta este metal se aloja en el tejido nervioso, piel, pulmón, bazo, hígado y bazo. La queratina se toma como biomarcador de intoxicación por arsénico. La arsina afecta a los glóbulos rojos inhibiendo el glutatión, produciendo una barrera, y como consecuencia nacen niños con bajo peso, malformaciones y toxicidad fetal (Quenta, 2015).

C. Plomo (Pb)

Un metal maleable y dúctil de color gris azul. Se usa en muchos procesos provocando contaminación ambiental, viendo que los seres humanos están expuestos de forma masiva con graves problemas a la salud. Los principales contaminantes se encuentran en la minería, metalurgia, gasolina y pintura a base de plomo. Es utilizado en productos como en la fabricación de soldaduras, vidrieras, vajillas de cristal, municiones, esmaltes, joyas y juguetes, hasta en productos cosméticos. Si el agua potable se canaliza por tuberías de plomo también podrían estar contaminadas (Molina, 2018).

Toxicidad

El plomo se absorbe a través del tracto gastrointestinal, las vías respiratorias e incluso la piel. Sólo se absorbe un porcentaje del Pb total ingerido a través del tracto gastrointestinal, entre el 10 y el 15% en adultos, y el 50% en niños. La absorción de este metal depende de la dieta que debe contener minerales y proteínas, por lo que las personas con carencias de hierro, calcio o zinc tienen mayor riesgo de toxicidad. El calcio anula el transporte intestinal del plomo siendo así la neuropatía causada por las motoneuronas desde la médula espinal (Quenta, 2015).

El plomo en la sangre demora 30 días aprox. y se dispersa por todos los tejidos. Se almacena en los huesos donde puede permanecer hasta 20 años, eliminando al

momento de lactancia donde se origina niveles de plomo en lactantes (Curo Vilca, 2015).

D. Cadmio (Cd)

El cadmio es un metal pesado de color plateado que se genera como subproducto del zinc, el plomo y el cobre. Se utiliza en la industria para la protección anticorrosiva del hierro y el acero (galvanoplastia de cadmio), para aleaciones especiales. Se utilizan en pinturas para colorear cerámica y plásticos el sulfito de cadmio y selenito de cadmio (G. Belizario et al., 2019).

Los fertilizantes fosforados y pesticidas para la agricultura, en su fabricación uno de los componentes principales es el cadmio, así como también en la elaboración de pilas como los que se usan para calculadoras; este es absorbido con alimentos provocando la una descalcificación ósea e insuficiencia renal aparte de ser una de los principales contaminantes ambientales (Bosch, 1999).

Toxicidad

El cadmio ingresa al organismo por vías: respiratoria, oral y dérmica. La inhalación es la vía de mayor toxicidad, por ingesta de agua y alimentos; en el ser humano está más expuesto a esta toxicidad si tiene bajos niveles de calcio, zinc. Una vez absorbido pasa al torrente sanguíneo y se fija en la hemoglobina. se almacena en el hígado y se transfiere al riñón atravesando fácilmente la síntesis de metalotioneína y forma el complejo que se acumulara progresivamente en la placenta en un embarazo (Quenta, 2015).

1.1.13 Actividades agrícolas

Riego de forraje

Uno de los problemas es la escasez de agua superficial, por lo que se usa agua subterránea para mantenimiento de riego de forrajes. La población genera ingresos desde la ganadería y la agricultura.

Cultivos de alimentos andinos

En el distrito de Coata usualmente cultivan Papa, quinua, Cañihua, Avena forrajera, Cebada forrajera, Alfa, Cebada grano. Alimentos andinos que son un sustento económico para los pobladores.

1.1.14 Características biológicas del agua

El agua contiene una variedad de elementos biológicos, que van desde microorganismos hasta peces. Los microorganismos pueden tener un origen natural, ya que forman parte de su hábitat, pero también pueden provenir de contaminación por vertidos cloacales e industriales, así como por el arrastre de los que existen en el suelo debido a la lluvia. La calidad y cantidad de microorganismos se relacionan con las características físicas y químicas del agua. Por ejemplo, cuando el agua tiene temperaturas moderadas y hay materia orgánica disponible, la población de microorganismos tiende a crecer y diversificarse. De la misma manera los crustáceos se incrementan y por lo tanto los peces de idéntica manera (Lossio, 2012).

1.1.15 Bacterias intestinales

Los organismos más comunes que se encuentran en el tracto intestinal son de los géneros Clostridium, Estreptococos, Salmonella, Espirilos, Bacteriófagos, Coliformes, Shigelia y también merecen citarse las *Vibrio cholerae* y la *Leptospira* (Mcfarland y Dozier, 2018).

1.1.16 Normativa vigente

DS N° 004-2017-MINAM

N° 004-2017-MINAM Estándares de calidad ambiental (ECA) es la norma que determina el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (MINAM, 2017)

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de hortalizas se entiende como aquellas aguas empleadas para el riego de las plantas hortícolas, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de irrigación utilizada en la vegetación, la clase de consumo utilizado (crudo o

cocido) y las posibles estrategias comerciales o de transformación a las que pueden someterse los productos agrícolas. (MINAM, 2017)

1.2 Antecedentes

Según Altamirano y Delgado (2020) contaminación natural por arsénico en las aguas subterráneas de la comunidad rural “La Fuente”, para sugerir y promover el uso de fuentes alternativas de agua segura el municipio La Paz Centro, León, Nicaragua, se ha demostrado que en Nicaragua existe la presencia de arsénico, con orígenes geogénico lo que es muy común en aguas subterráneas, superficiales, suelo, rocas y sedimentos. En la comunidad de la Fuente localizada en NE del complejo volcánico Momotombo - el Hoyo y cerca de la caldera Monte Galán, donde se vio el problema de 112 familias se abastecen de agua subterránea, para medir la concentración de arsénico se analizó 30 pozos excavado y 3 pozos perforados y 1 manantial. se abastecen de agua subterránea, para determinar la concentración de arsénico se evaluó 30 pozos excavados, tres pozos perforados y un manantial. Como resultado fue que oscilaron entre $2 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; $103 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. Evidenciando que 70% de las muestras es decir 24 fuentes exceden el límite nacional de $10 \mu\text{g As}\cdot\text{L}^{-1}$ en agua de consumo humano. Por tal motivo se hizo una charla informativa sobre el riesgo al que están expuestos al consumir agua contaminada, se indicó que la fuente es la más segura para consumo humano.

Sarkar et al. (2008) el arsénico es el contaminante natural más tóxico en el agua subterránea. Cualquier estrategia de tratamiento a gran escala para eliminar el arsénico del agua subterránea debe considerar la contención segura del arsénico eliminado para evitar impactos ecológicos adversos. Aproximadamente 150,000 aldeanos recolectan agua potable libre de arsénico todos los días a través de estas unidades. El proceso de regeneración reduce significativamente el volumen de sólidos desechables cargados de arsénico, reduciendo su volumen en casi 2 órdenes de magnitud. Esta técnica de eliminación es más apropiada científicamente que la práctica actual de arrojar adsorbentes cargados de arsénico en vertederos con un ambiente reductor, como se hace en algunos países desarrollados, incluidos Estados Unidos.

De la Cruz Paredes (2021) en su investigación afirma que las aguas subterráneas poco profundas y aguas superficiales de ríos de la parte del sur de la cuenca del lago Poopó en Bolivia muestran una contaminación por arsénico y salinidad. Como resultado se obtuvo

3.3497 $\mu\text{g L}^{-1}$, en épocas secas y en cuanto al pH ligeramente alcalino de 5.5 a 8.7 siendo que el 90% supera los valores de la OMS de 10 As L^{-1} .

Daud et al. (2017) la rápida industrialización y el alarmante aumento de la población en Pakistán han provocado un deterioro progresivo en la calidad del agua potable. Esta revisión resume los resultados de diversos estudios de investigación que han examinado la calidad del agua potable en diferentes áreas de Pakistán, centrándose en las propiedades fisicoquímicas del agua y en la presencia de microorganismos patógenos. Solo aproximadamente el 20% de la población de Pakistán tiene acceso a agua potable segura, mientras que el 80% restante se ve obligado a utilizar agua que no cumple con los estándares de potabilidad debido a la escasez de fuentes seguras y saludables. Esta revisión resalta la calidad del agua potable en el país, las fuentes de contaminación, la situación sanitaria y los efectos adversos que el consumo de agua contaminada tiene para la salud humana.

Mamani Navarro (2019) indica que el agua subterránea fue muy dura y la abundancia relativa de los principales cationes y aniones fue $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ y $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$. En la mayoría de muestras se halló flúor superando los límites. El arsénico promedio fue 9.37 y 11.01 $\mu\text{g L}^{-1}$. Estos resultados en épocas de verano e invierno. Se determinó que es apta para uso en riego, sin embargo, la relación que existe entre magnesio y la corrosión evidencian que no es apta para uso agrícola ni doméstica.

Arbito (2015) en su investigación de Caracterización del Agua Subterránea para uso en actividades productivas y humanas, en el Cantón Pasaje, 2014; se realizó el estudio con el objetivo de Caracterizar y evaluar la calidad fisicoquímica de los pozos perforados en el Cantón Pasaje en zonas bajas. Al iniciar se hizo un censo de los pozos existentes en el sector donde no existe el servicio de agua potable. En la zona se dedican a la agricultura como es la producción de banano, cacao, frutales y pastizales. Al evaluar los niveles de contaminación de metales pesados como: plomo, cadmio, manganeso y arsénico; se logró resultados que no superan los límites máximos permisibles para aguas destinadas al uso agrícola, sin embargo, el magnesio si supero porque ya forma parte de un contaminante en suelos irrigados que en un tiempo causa suelos improductivos y toxicidad en plantas.

Según E. Belizario (2011) indica que la evaluación de la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano de la Comunidad Carata del Distrito Coata; tuvo como objetivo

evaluar la calidad sanitaria de agua subterránea para consumo humano. El diseño metodológico fue aleatorio estratificado, y se tomaron en cuenta ocho muestras de pozos subterráneos distribuidos en cuatro zonas estratégicas. Finalmente se determinó que el 25% de las muestras son buenas (aptas), el 25% de las muestras es regular y el 50% de las muestras es deficiente (mala). En su mayoría los usuarios se enfrentan La contaminación biológica por bacterias, así como la contaminación física por sólidos, algas y material orgánico, afectan significativamente la calidad del agua en los pozos. Muchos de estos pozos necesitan con urgencia un tratamiento sanitario adecuado, además de una limpieza y mantenimiento constante para asegurar la salubridad del agua y prevenir riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

Maimoona et al., n.d. examinamos la calidad actual del agua subterránea (utilizada para beber) en Pakistán después de la implementación de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, incluidos los contaminantes, sus fuentes y los impactos relevantes en la salud. Las fuentes naturales de contaminación del agua subterránea se han activado debido a actividades antropogénicas como la minería y el vertido a cielo abierto de desechos industriales y domésticos que conducen a una mala calidad del agua subterránea. A nivel mundial, 780 millones de personas y 100 millones de personas en Pakistán están expuestas a fuentes de agua inseguras.

Curo Vilca (2015) indica que la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno, 2016; La investigación se realizó en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, provincia de Puno. Durante diciembre de 2016 a febrero de 2017, se realizó un estudio con el objetivo de cuantificar la presencia de coliformes totales y termotolerantes mediante el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC). Además, se evaluaron los principales parámetros físico-químicos del agua de los pozos destinados para consumo humano. Se analizaron 12 pozos, dividiéndolos en grupos de tres por parcialidad, con dos repeticiones por pozo. Se utilizaron métodos de la Norma Técnica Peruana para llevar a cabo los análisis, y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS. 031-2010 DIGESA. Para la hipótesis se procesó el paquete estadístico infostat. En conclusión, la calidad del agua de pozos destinada al consumo humano en cuatro parcialidades del distrito de Huata supera los parámetros microbiológicos, indicando un déficit en la calidad del agua. Además, se observaron niveles altos de parámetros físico-químicos, como la

conductividad eléctrica, que excedieron los límites permitidos en las parcialidades de Collana I, Faón e Yasín. En la parcialidad de Collana I, los sólidos totales disueltos, el hierro y el cobre también superaron los niveles aceptables. Estos resultados sugieren que las aguas subterráneas de la zona son de mala calidad, ya que exceden los límites máximos permisibles según el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano. D.S. N° 031-2010 S.A. DIGESA.

Portocarrero (2010) el manejo Sostenible del agua subterránea con fines de riego en el Valle de Acarí, con la intención de llevar a cabo una metodología para la operación sustentable del agua subterránea. En la zona ambiental se estiman 5 indicadores para la sustentabilidad del agua subterránea: el aporte del agua subterránea a los cauces, la sustracción del agua subterránea, los impactos del uso del suelo, la expansión e impactos de la contaminación del agua subterránea, así como las sociedades dependientes naturales del agua subterránea. En el ámbito económico: el precio de las aguas subterráneas gracias a un sector importante de la economía, el uso eficiente de las aguas subterráneas y los usos del agua a través de otras fuentes. En el ámbito social se estiman 3 indicadores: el precio de las aguas subterráneas gracias a un sector importante de la economía, la conservación, y el uso del agua a través de otras fuentes. Tienen la posibilidad de realizar alternativas para viabilizar las propuestas. La decisión del presente caso, así como la tendencia del desempeño sustentable del acuífero Acari, se aplican 7 (07) indicadores, de los cuales 3 (03) son del sector ambiental y 4 (04) del sector social, quedando pendiente la exploración de los indicadores del sector económico.

Apaza y Calcina (2014) contaminación natural de aguas subterráneas por arsénico en la cuenca baja del caudal Callacame, Desaguadero, Puno; La existencia de arsénico en las aguas subterráneas de la cuenca baja del caudal Callacame se ha convertido en un serio peligro para la salud de las poblaciones rurales que habitan en toda la cuenca baja, debido a que consumen estas aguas subterráneas; Las concentraciones de arsénico superan los parámetros aceptables considerados por la USEPA y la normativa nacional de 0.01mg/l. Esta realidad limita el uso de este recurso debido a sus condiciones fisicoquímicas y organolépticas, así como la alta concentración de sales disueltas en el acuífero independiente y la presencia de arsénico, gases CO₂ y otros compuestos en el acuífero confinado que generan un sabor desagradable. En definitiva, se descartan vías de contaminación inducidas por fuentes industriales o de otro tipo en el ámbito de la zona

investigada, ya que no existe actividad minera, sin embargo, la existencia de arsénico probablemente se deba al origen de la cuenca que se encuentra en torno a restos volcánicos.

Flores (2016) evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas para consumo humano con y sin hervor en las zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca; Su objetivo fue determinar las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas de las aguas subterráneas en las zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca, se tomaron 2 puntos de vista de muestras. Los resultados muestran que en la situación del agua no hirviendo de la zona de Ajoscancha Baja, los coliformes totales en marzo, el hierro y los nitratos en el último mes del año, y los fosfatos en los meses de muestreo superaron los ECAs; mientras que en la zona de San Martín sólo los nitratos en el último mes del año y los fosfatos en los meses de muestreo superaron los ECAs. En cuanto a la situación de las muestras de agua en ebullición, tanto en el sector de Ajoscancha Baja como en el de San Martín, los fosfatos en marzo y junio, los nitratos en los meses de muestreo y el hierro en el último mes del año superaron las ECAs. En definitiva, se determina que las aguas subterráneas de las dos comarcas, con y sin hervir, son aguas bastante duras, lo que se está convirtiendo en un peligro para los clientes de estas aguas.

Mamani (2019) determinación de la concentración de arsénico total (As) en las aguas subterráneas de pozos tubulares del distrito de Juliaca y medidas de mitigación; donde el propósito ha sido establecer la existencia de arsénico total (As) en las aguas de pozos privados de la provincia de San Román Juliaca. Para ello, se tomaron 12 de manera aleatoria en el mes de agosto del 2018, las profundidades oscilaron entre 3 - 18 m. Como consecuencia, se obtuvo el mayor valor de concentración de As (0,165 miligramo L⁻¹), con un promedio de (0,089 mg L⁻¹). Sin embargo, los valores superan la directriz recomendada por la OMS (OMS, 2019), de 0,01 mg L⁻¹ y el límite de 0,05 mg L⁻¹ adoptado en Bangladesh. Al mismo tiempo, las aguas subterráneas de la provincia de San Román están contaminadas con arsénico (As), con Pb (0,041 mg L⁻¹) y con otros metales. Como iniciativa de procedimiento, se realizó una escala de laboratorio para la remoción de metales pesados con carbón activado de lenteja de agua (*Lemna gibba*), la dosis ha sido para As 24%, Ca 27% y Mn 68%, para un pH 7, 9 y tiempo de remoción 120 minutos. Al final, se concluye que el agua subterránea de la zona de análisis no es apta para el

consumo humano, se sugiere llevar a cabo un programa de monitoreo constante. Este caso es alarmante, se requiere atención inmediata por parte de las autoridades locales.

Apaza Quispe (2020) se evaluó la presencia de arsénico, dureza total, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* en aguas subterráneas de las urbanizaciones Santa Adriana e Infante San Salvador de la ciudad de Juliaca. Se llevó a cabo un análisis durante la fase de avenida, en el que se seleccionaron de forma aleatoria 14 pozos en cada urbanización. Los parámetros evaluados incluyeron arsénico, dureza general, coliformes termotolerantes como *Escherichia coli*, conductividad, pH y temperatura. Como resultado se obtuvo que existe presencia de arsénico superan los límites máximos permisibles, así también contienen microorganismos *Escherichia coli* y coliformes; en cuanto a la dureza es alta en 50 % de las muestras. Finalmente se llega a la conclusión que el agua analizada no es apta para el consumo humano debido a su elevada carga de contaminantes y toxicidad.

G. Belizario et al. (2019) estudio en épocas de estiaje y crecida las aguas superficiales de la quebrada de Coata, en el departamento de Puno. Para esto se evaluó 5 puntos estratégicos desde el puente libertad de Juliaca hasta su desembocadura. Se usó una técnica de plasma acoplado inductivamente (ICP), consiste en una fuente de ionización y un espectrofotómetro de emisión. Como resultado máximo fue: aluminio 1.043 mg L^{-1} , hierro 0.856 mg L^{-1} , manganeso 0.460 mg L^{-1} , arsénico 0.029 mg L^{-1} , y fósforo 10.287 mg L^{-1} . Estas concentraciones superan las normas de calidad, concluyendo que el agua del río Coata está contaminado.

Azpilcueta Pérez et al (2017) la calidad de agua subterránea en la Comarca Lagunera, México, donde producen maíz forrajero; se estudió el agua de riego en los meses de abril, mayo, junio y julio del 2014; dando como resultados que el Cd y As 0.039 y 0.036 mg/L , respectivamente por otro lado se analizó la conductividad eléctrica (CE) en mS/cm , dureza del agua en grados franceses ($^{\circ}\text{f}$), así como concentraciones de los cationes Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} y K^{+} en meq/L , con valores de 1732 y $3386 \mu\text{S/cm}$, en tanto que la sodificación expresada en Índice de Absorción de Sodio (IAS) es medio con un valor de 3.66 meq/L , la dureza del agua varió de dura a muy dura con promedio de 50.47 y $114.00 \text{ }^{\circ}\text{f}$, respectivamente. Las mayores concentraciones de elementos químicos presentes en el agua de riego procedente de pozo profundo fueron Ca^{+2} , Mg^{+2} y Pb , principalmente el último.

Calcina-Benique et al. (2022) en su investigación de Arsénico en aguas subterráneas de la cuenca del río Callacame y su impacto en suelos agrícolas en Desaguadero, Puno – Perú; donde los resultados mostraron concentraciones de arsénico en aguas subterráneas entre 3 a 44 6 ug/L, en suelos de 10 a 42,7 mg/Kg. En el caso de agua subterránea existieron 4 puntos que sobrepasaron los estándares de calidad ambiental.

Bellido (2021) en el sector Remanso de Characato y sectores cercanos, dichos lugares hacen uso de aguas subterráneas para sus diversas actividades diarias y económicas (agricultura y ganadería), los pozos y manantiales a evaluar fueron los siguientes: Pozo BB, Ojo del Milagro (Characato), Virgen de Lourdes y Bautista (Sabandía), realizando los análisis fisicoquímicas y microbiológicas. Los resultados indicaron que los parámetros dureza, sulfatos y solidos totales en el Pozo BB superan ligeramente los ECA para agua, categoría A1, mientras que los metales como el arsénico supera el ECA en las estaciones de monitoreo del sector de Sabandía y el boro superan solo en la estación el Bautista.

Zavala Sucuitana y Delgado Rodriguez (2021) en el departamento de Arequipa, los niveles de metales pesados en agua para consumo humano varían por provincia, y la mayoría superan los límites máximos permitidos establecidos por el Decreto Supremo N°031-2010-SA del Ministerio de Salud (MINSA) y por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los datos son los siguientes: en la provincia de Camaná encontramos, arsénico 0.0170 mg/L, cadmio 0.0083 mg/L, plomo 0.056 mg/L. En la provincia de Caravelí encontramos, mercurio 0.0699 mg/L. En la provincia de Castilla encontramos, arsénico 0.0003 mg/L, cadmio 0.00003 mg/L, mercurio 0.00005 mg/L y plomo 0.0001 mg/L. En la provincia de Condesuyos encontramos, arsénico 0.00128 mg/L, cadmio 0.00001 mg/L, mercurio 0.0005 mg/L y plomo 0.00035 mg/L. En la provincia de Islay encontramos, arsénico 0.10534 mg/L, cadmio 0.00081 mg/L, mercurio 0.00006 mg/L y plomo 0.00714 mg/L; estos resultados indican que en varias provincias se observan concentraciones superiores a los límites permitidos para arsénico, cadmio, mercurio y plomo. Por lo tanto, la calidad del agua en estas zonas presenta riesgos para la salud de la población, lo que requiere atención urgente y medidas de tratamiento para reducir los niveles de estos metales pesados.

De la Cruz Paredes (2021) el estudio se realizó en época de estiaje (octubre 2019) y de avenida (marzo 2020). Se analizaron un total de 12 muestras de agua, 6 de cada acuífero,

para determinar la concentración de metales pesados. Los resultados mostraron que el cadmio y el plomo excedieron ampliamente los límites recomendados, con medias aritméticas de 47.25 $\mu\text{g/L}$ y 1346.87 $\mu\text{g/L}$ respectivamente. También se encontraron valores máximos de 0.30 mg/L de hierro y 0.99 mg/L de manganeso. El arsénico no superó los 10 $\mu\text{g/L}$. En cuanto a los parámetros físico-químicos, así como el arsénico y el manganeso, no se encontraron diferencias significativas entre ambos acuíferos y épocas. Sin embargo, se observaron mayores concentraciones de cadmio y plomo en el acuífero poroso no consolidado alto durante la época de estiaje, mientras que el hierro mostró concentraciones más elevadas en el acuífero fisurado sedimentario durante la época de avenida. Esto resalta la variabilidad de la calidad del agua en diferentes acuíferos y estaciones, indicando la necesidad de monitorear y gestionar estos recursos con cuidado.

Macha Manhualaya (2019) como objetivo determinar los metales pesados: cadmio, arsénico y plomo en las aguas de pozos del distrito de castillo Grande – Tingo María, en la investigación se realizó análisis a cuatro muestras de aguas de pozos los metales investigados, el cadmio, se presentó como el metal de mayor cantidad generando una bioacumulación de este metal en el agua de pozo en perjuicio de vida humana. Donde arsénico (1,25 mg/L < 10 mg/L) y plomo (4,75 mg/L < 10 mg/L), presentándose el cadmio como el metal pesado en mayor cantidad (6 mg/L > 5 mg/L). 2. Se determinó la concentración promedio de cadmio donde se obtuvo un valor de 6 mg/L de agua de pozo, cercanamente superior al límite permisible de 5 mg/l. La presencia de metales pesados en aguas de pozo de acuerdo con lo descrito puede desencadenar diversas intoxicaciones causando daños irreparables.

Fajardo Vidal (2018) determina la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas superficiales y aguas subterráneas del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, sistema acuático sometido a intensa contaminación. entre febrero y agosto del 2015. Las aguas superficiales del área de estudio presentaron valores altos de coliformes totales y coliformes fecales (13000 NMP/100ml y 7900 NMP/100 ml). Se determinó la presencia de *Escherichia coli*, siendo mayor en la estación M-12 denominada Espejo de Agua por ser el cuerpo de agua más grande del ACR y donde anidan el mayor números de aves. Los parámetros fisicoquímicos del agua en general superaron los límites permisibles establecidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) 2008, 2015 y 2017 del Perú (D.S. N°002-2008-MINAM, D.S. N°015-2015-MINAM y

D.S. N°004-2017- MINAM). Se concluye que toda el área de estudio esta impactada por la contaminación microbiológica y fisicoquímica. Se considera de interés la afectación por metales pesados siendo el plomo el más preocupante y también As, Cu, Cd, Hg, Se, Zn y Tl. Los resultados indican una posible afectación a la biota acuática, la salud pública y la calidad del agua superficial y subterránea. Además, un aporte importante fue la generación de 35 mapas de isoclinas que muestran la dispersión de los contaminantes en toda el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla.

ROBLES et al. (2016) estimó las concentraciones de los contaminantes metálicos (Fe, Hg, Pb y Zn) en aguas subterráneas poco profundas de la zona de riego de la localidad de Zóquite Guadalupe en Zacatecas. Los resultados mostraron las concentraciones de Fe (0.0008 mg/l como mínima y 0.0046 mg/l como máxima), y de Zn (0.0053 y 1.5519 mg/l mínima y máxima respectivamente) mientras que para el Hg y el Pb no fueron detectados por los equipos utilizados. De acuerdo con los criterios de la Norma oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, la OMS 2011 y USEPA 2012, las concentraciones de los metales analizados no exceden los límites permisibles para uso y consumo humano. Es conveniente resaltar que aunque el área de estudio se trata de un acuífero somero susceptible a ser contaminado fácilmente por los pesticidas, fertilizantes, entre otros, además del regadío de auxilio con aguas residuales, no presenta niveles significativos de los metales contaminantes.

Ramirez Alarcón (2021) esta investigación tuvo como objetivo determinar la presencia de elementos ecotóxicos en agua subterránea y determinar los niveles de riesgo a los que están expuestos la población adulta e infantil del distrito de Polobaya. Se realizó tres muestras de afloraciones de agua subterránea en las zonas conocidas como Hacienda C., Rumillo y Conguillo obtener las concentraciones de los metales Al, As, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn. Se obtuvo valores altos en caso de la población adulta HQ de As 0.291, Mn 0.306 en M01, As 0.226, Mn 0.244 en M-02 y As 0.225 en M-03 en caso de población infantil HQ de As 0.68, Fe 0.121, Mn 0.714 en M-01, As 0.528 en M-02 y As 0.526, Mn 0.11 en M-03.; en M-01 y M-02 por As y Mn mientras en M-03 por As, en caso de la población infantil riesgo bajo por As, Fe y Mn en M-01, por As en M-02 y por As, Mn en M-03 mientras que en los demás elementos el nivel de riesgo fue calificado como 1 que es considerado riesgo no cancerígeno despreciable.



Malatesta Aulestia (2016) en su estudio Determinar la concentración de hierro y manganeso, en una muestra de agua subterránea de consumo humano, localidad El Triunfo, Distrito Las Piedras, Madre de Dios-Año 2016. La concentración de Hierro (0.109 mg/L) está dentro de los parámetros nacionales y la concentración de Manganeso está dentro de los límites permisibles (0.028mg/L). Se rechaza la hipótesis nula porque los estándares de hierro y manganeso están dentro de los parámetros permitidos según los estándares nacionales de calidad del agua.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

El agua es indispensable para toda forma de vida. El ser humano necesita varios litros de agua fresca diariamente. A nivel global el 97% del agua se encuentra en el mar (UNESCO, 2020). No obstante, este no es apto para consumo humano ni uso agrícola. Las tres cuartas partes de agua dulce están almacenadas en los glaciares y en los casquetes de hielo. Los lagos, ríos y aguas subterráneas se han convertido en fuentes principales de abastecimiento de agua para de consumo, incluso cuando constituyen menos del 0,01 % (UNESCO, 2020)

Se prevé que la demanda mundial de agua siga creciendo al mismo ritmo hasta 2050, lo que supone un aumento del 20-30% sobre el nivel actual. Esto será a expensas de los sectores industrial y doméstico. Estos niveles aumentarán a medida que aumente la demanda de agua, aumentando las molestias causadas por el calentamiento global, lo que indica que más de 2.000 millones de personas viven en zonas con escasez de agua y unos 4.000 millones sufren una grave escasez de agua desde hace 1 mes/año (UNESCO, 2019).

Las aguas subterráneas han sido utilizadas durante muchos años por los seres humanos, para satisfacer diversas necesidades fisiológicas como la sed, la limpieza y, más tarde, para cocinar los alimentos. Si se observan las iniciativas tomadas para regar sus cultivos, cada vez se conocen mejor sus usos, que se extienden hasta las industrias creadas por el hombre. Sin embargo, los recursos de aguas subterráneas siguen estando bajo presión, ya que la explotación parece ser muy elevada en relación con las tasas de recarga de las aguas subterráneas (Castillo, 2021).

Es importante analizar la calidad de aguas subterráneas para uso de riego de cultivos, como se conoce los contaminantes como metales pesados son acumulables y entra de una manera fácil a la cadena alimenticia ocasionando así efectos secundarios en la salud y al medio ambiente. En muchos lugares la única fuente de agua son los pozos por lo que lo usas para diferentes actividades entre ello riego de cultivos (G. Belizario et al., 2019).

En las comunidades de Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla las aguas subterráneas se utilizan para riego de cultivos, como son producción de forraje, quinua, avena, cañihua, papa, entre otros productos andinos. La inquietud tan grande es la calidad que goza esta agua si son aptas para riego y no ocasionen efectos secundarios en el futuro. Dichos pobladores desconocen si es apta es más muchos piensan que como es solo para riego no importa la calidad. El distrito de Coata no es ajeno a la contaminación bacteriológica del agua subterránea por pozos sépticos o letrinas (G. Belizario et al., 2019).

2.2 Enunciados del problema

2.2.1 Enunciado general

¿Cuál será la calidad de las aguas subterráneas y la concentración de metales pesados, utilizada en actividades productivas de las comunidades de Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, distrito de Coata, 2021?

2.2.2 Enunciados específicos

¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos de las aguas subterráneas utilizadas en actividades productivas de las comunidades Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, distrito de Coata, 2021?

¿Se encuentran los metales pesados entre los estándares de calidad, de las comunidades Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, distrito de Coata, 2021?

¿Existe presencia de coliformes que altera la calidad microbiológica del agua subterránea utilizada en actividades productivas de las comunidades Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, distrito de Coata, 2021?

2.3 Justificación

Esta investigación surge a partir de la preocupación por la calidad de agua que se utiliza para las áreas de producción como es el caso de riego de cultivos. La calidad de las aguas subterráneas se ha visto seriamente perjudicada por la contaminación causada por aguas residuales urbanas y el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes en áreas agrícolas. Estos factores contribuyen a la introducción de una serie de contaminantes en los acuíferos, lo que puede provocar problemas de salud pública y afectar la calidad del agua potable. Por esta razón, es fundamental implementar medidas de control y gestión para prevenir la contaminación de las aguas subterráneas y asegurar la disponibilidad de agua limpia y segura para las comunidades. Las aguas subterráneas son nuestras más grandes reservas que todo ser vivo puede poseer, por lo que es importante conocer en qué condiciones se encuentra actualmente (Bosch, 1999).

En los últimos años el agua subterránea en muchos lugares se constituye como única fuente de suministro destinado para riego y sembrados, sobre todo en lugares donde no es fácil el acceso al agua superficial; por lo que este líquido es vital para una seguridad alimentaria y desarrollo sostenible (FAO, 2011).

El distrito de Coata en la actualidad no cuenta con disposición de agua para riego, los pobladores esperan cada año las lluvias para iniciar con la producción. Este distrito específicamente en las comunidades de Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla. Utilizan aguas subterráneas para riego de agricultura el cual no cuenta con ningún tipo de análisis.

Esta investigación, además de generar información científica, se convierte en un gran antecedente de gran aporte, por lo que influirá en la toma de decisiones por parte de las autoridades.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Evaluar la calidad de las aguas subterráneas y la concentración de metales pesados, utilizada en actividades productivas de las comunidades de Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, distrito de Coata, 2021.

2.4.2 Objetivos específicos

Evaluar los parámetros fisicoquímicos de las aguas subterráneas utilizadas en actividades productivas de las comunidades Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, distrito de Coata, 2021.

Determinar el contenido de metales pesados de las aguas subterráneas utilizados para actividades productivas de las comunidades Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, distrito de Coata, 2021 y comparar con los estándares de calidad.

Evaluar la calidad microbiológica de las aguas subterráneas utilizadas en actividades productivas de las comunidades Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, distrito de Coata, 2021.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

La calidad de las aguas subterráneas y la concentración de metales pesados, utilizada en actividades productivas de las comunidades de Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, Distrito de Coata, 2021; son aptas para el uso en actividades productivas.

2.5.2 Hipótesis específicas

Los parámetros fisicoquímicos de las aguas subterráneas utilizadas en actividades productivas superan la categoría 3, sub categoría D1 de riego de vegetales de las comunidades Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, Distrito de Coata, 2021.

El resultado de los niveles de metales pesados de las aguas subterráneas, no superan los estándares de calidad para las actividades productivas de las comunidades Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, distrito de Coata, 2021.

Si existe presencia de coliformes que alteran la calidad microbiológica del agua subterránea utilizada en actividades productivas de las comunidades Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, Distrito de Coata, 2021.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El lugar de estudio está ubicado en el departamento de Puno, Provincia de Puno, Distrito de Coata. (Figura 1). Esta población vive de la ganadería y la agricultura, por lo que es preocupante la calidad de agua subterránea que consumen los animales y si es apto para uso agrícola. Como se conoce los metales pesados son acumulables y entran de manera fácil a nuestra cadena alimenticia.

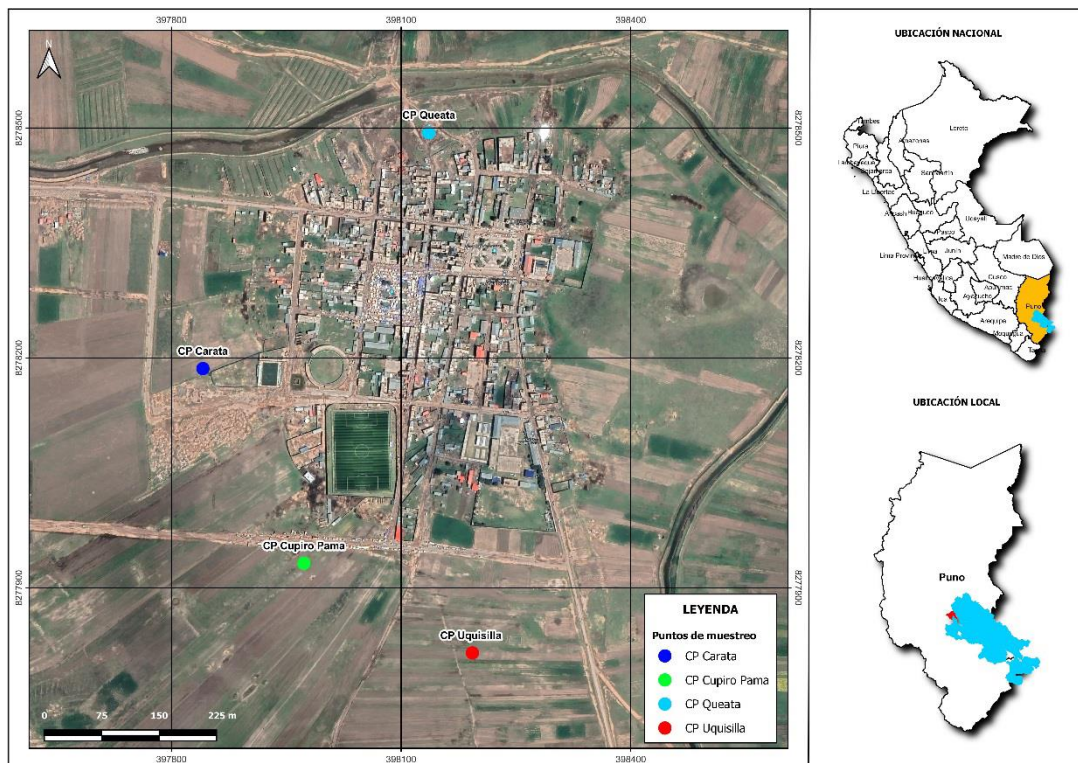


Figura 1 Mapa de ubicación del área de estudio.

Fuente: Google Earth

3.2 Población

El distrito de Coata es uno de los 15 distritos de la provincia de Puno que está ubicado en el altiplano peruano-boliviano se encuentra a orillas del lago Titicaca a una altitud de 3,814 metros sobre el nivel del mar y tiene una superficie de 8,372 km². Alrededor del lago, hay 64 comunidades según información obtenida de la municipalidad distrital de Coata.

3.3 Muestra

El criterio de muestreo para el presente trabajo fue aleatorio correspondiente a 1 pozo por cada centro poblado, donde se analizaron 16 muestras (4 muestras para parámetros físico químicos, 4 muestras para metales pesados y 4 muestras para parámetros microbiológicos) recolectados de la comunidad de Queata, centro poblado de Carata, comunidad de Cupiro Pampa y comunidad de Uquisilla, cuyas coordenadas UTM WGS84 e muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Ubicación geográfica de puntos de muestreo.

POZOS	UTM Este X	UTM Norte Y	Fecha de recolección de muestra
QUEATA	398136	8278494	21/08/22
C.P. CARATA	397841	8278186	21/08/22
CUPIRO PAMPA	397973	8277932	21/08/22
UQUISILLA	398193	8277815	21/08/22

Fuente: Propio

3.4 Método de investigación

3.4.1 Diseño de la investigación

El diseño de investigación tiene un enfoque no experimental; para lo cual se recolecta datos (Sampieri, 2014), y se contrasta con el DECRETO SUPREMO N° 004-2020-

MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales y Sub Categoría D1: Riego de vegetales.

3.4.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación corresponde al descriptivo en un enfoque cuantitativo (Sampieri, 2014), por analizar los parámetros físico-químicos y microbiológicos encontrados en las aguas subterráneas del distrito de Coata.

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

Objetivo Específico 1

Para los parámetros físico químicas de las aguas subterráneas utilizadas en actividades productivas de las comunidades Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, Distrito de Coata, 2021.

El distrito de Coata a la actualidad no cuenta con agua potable por los problemas de contaminación la cuenca que lleva el mismo nombre y, según el ANA, está contaminado con distintas sustancias según las denuncias existentes desde el 2029 el agua no es apto para el consumo humano Coata está a la actualidad en estado de emergencia por peligro inminente ante contaminación de las aguas de consumo humano actualmente consumen agua potable distribuidos en cisterna, pero eso solamente es paliativo.

Método:

DBO:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000.5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. 23rd Ed. 2017.

Fenoles:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000.5530 Phenols 23rd Ed. 2017. AOAC Official Method 973.41 Chapter 11 Subchapter 1:11.1.03 pH of Water. 21st Ed. Rev. Online 2019

DQO:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. 23rd Ed. 2017.

Conductividad eléctrica:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000 Method 2510-B Conductivity. Laboratory Method. 23rd Ed. 2017.

Oxígeno Disuelto:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23rd Ed. 2017.

Cloruro (Cl^-)*Fluoruro (F^-)*Nitrato (NO_3^-)*Nitrito (NO_2^-)*Sulfato (SO_4^{2-})*

Environmental Protection Agency. Method 300.0 Determination of inorganic anions by Ion Chromatography Revision 2.1 August, 1993.

Objetivo Específico 2

Determinar el contenido de metales pesados de las aguas subterráneas utilizados para actividades productivas de las comunidades Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, distrito de Coata, 2021 y comparar con los estándares de calidad.

Método:

ICP-MS Las partes principales del equipo son el Plasma Acoplado Inductivamente (ICP), dónde se generan los cationes a analizar, y el espectrómetro de masas (MS) que actúa como filtro de masas.

El plasma es una nube pequeña de argón que está a una temperatura elevada (entre 6000 y 10000 K) y está parcialmente ionizado. Se inicia mediante una chispa y se mantiene con un campo de radiofrecuencia. La muestra se introduce en el plasma en forma de aerosol utilizando un nebulizador. En el plasma, el solvente de la muestra se evapora y los compuestos se descomponen en sus átomos respectivos. Los átomos se ionizan casi por completo, y los iones se separan en el espectrómetro de acuerdo a su relación masa/carga. La concentración de los elementos es proporcional a la cantidad de iones detectados. Las concentraciones se determinan usando una curva de calibración externa



o mediante dilución isotópica (validado y aplicado fuera del alcance) en 2020. EPA METHOD 6020 B, Rev. 2 2014 Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (VALIDADO - Modificado) (VALIDADO -Aplicado fuera del alcance) 2020

Objetivo Específico 3

Evaluar la calidad microbiológica de las aguas subterráneas utilizadas en actividades productivas de las comunidades Queata, CP Carata, cupiro pampa, uquisilla, distrito de Coata, 2021.

Método:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube Fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. 23rd Ed. 2017.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Parámetros fisicoquímicos en aguas subterráneas

Resultados de los Parámetros físico químicos de las aguas subterráneas del distrito de Coata, 2021.

4.1.1 Potencial de hidrógeno (pH)

Las cuatro zonas de aguas subterráneas evaluadas en el distrito de Coata durante época de estiaje presentan los siguientes valores en unidades de pH: Uquisilla = 7.7, Queata = 8; Cupiro Pampa = 7.6 y el centro poblado de Carata = 7.9, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de la comunidad de Queata y valor mínimo en Uquisilla (Tabla 2).

Tabla 2

Comparación de pH con los ECAs de Agua.

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
7.7	8	7.6	7.9	7.8	6.5-8.5

Fuente: Datos laboratorio

La normativa establece que el pH óptimo para el consumo de agua y el riego de vegetales debe estar entre 6.5 y 8.5. Al comparar los resultados obtenidos en las cuatro zonas de estudio, se observa que el agua subterránea tiene una naturaleza ligeramente alcalina. Esto significa que el pH del agua subterránea es superior a 7, lo

que indica una tendencia hacia la alcalinidad, pero dentro del rango aceptable según la normativa.

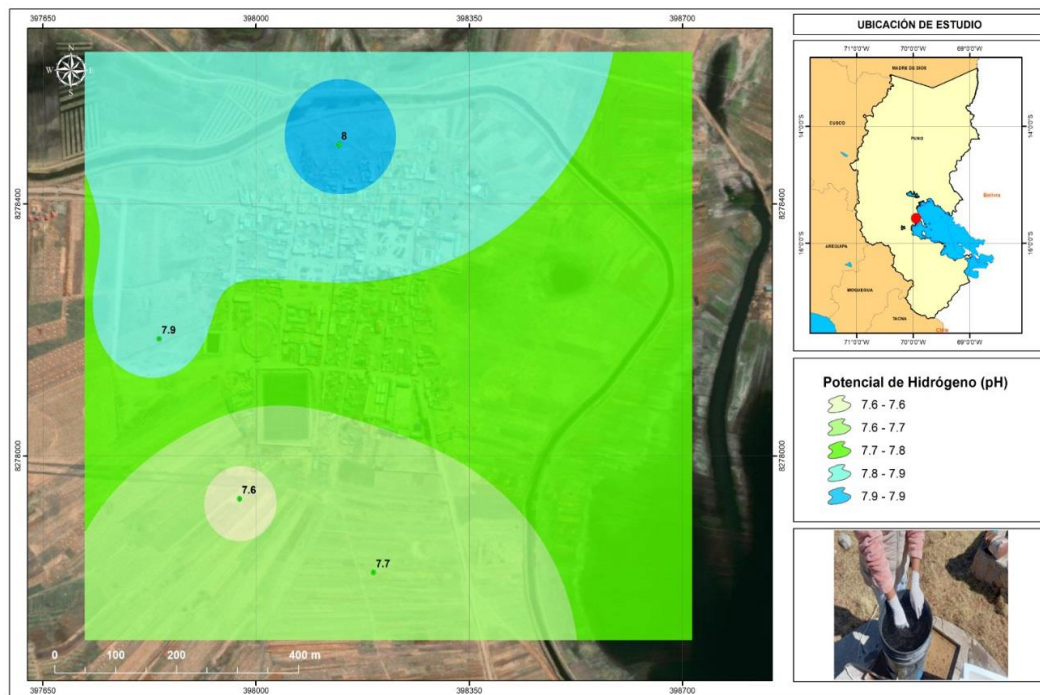


Figura 2 Variación de valores del potencial de hidrogeno en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

Al igual que (G. Belizario et al., 2019) en su investigación al río Coata obtuvo un promedio entre 7.31 a 8.80; asimismo, en el estudio de (Arbitto, 2015) en la provincia del Oro que estudio 22 pozos oscila entre 7.03 mínimo a 8.03 máximo, también (Curo Vilca, 2015) estudio en la localidad de Huata 12 muestras en meses lluviosos y secos obtuvo valores de 7.8 como máximo y 6.9 como mínimo afirmando que el valor máximo presenta en épocas de lluvias, igual manera (Mamani, 2019) quien evaluó pozos tubulares del distrito de Juliaca obtuvo un máximo valor de 7.9 y mínimo valor de 7.07; finalmente (Flores, 2016) quien analizó aguas subterráneas en Cajamarca logrando valores entre 7.157 a 7.859.

4.1.2 Conductividad

En cuanto a los valores de conductividad en épocas de estiaje muestran: Uquisilla = 1273 $\mu\text{S/cm}$, Queata = 7890 $\mu\text{S/cm}$; Cupiro Pampa = 1896 $\mu\text{S/cm}$ y el centro poblado

de Carata = 707 $\mu\text{S}/\text{cm}$, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Queata y valor mínimo en Carata (Tabla 3).

Tabla 3

Comparación de la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) con los ECAs Categoría 3.

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
1273	7890	1896	707	2941.5	2500

Fuente: datos laboratorio.

Al realizar una comparación con los ECA - C3 donde la conductividad no sobrepase los 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$; se demostró que con excepción de Queata donde muestra que sobrepasa los estándares de calidad y las otras tres zonas de estudio si se encuentran dentro de los valores promedios establecidos por los indicadores de calidad ambiental.

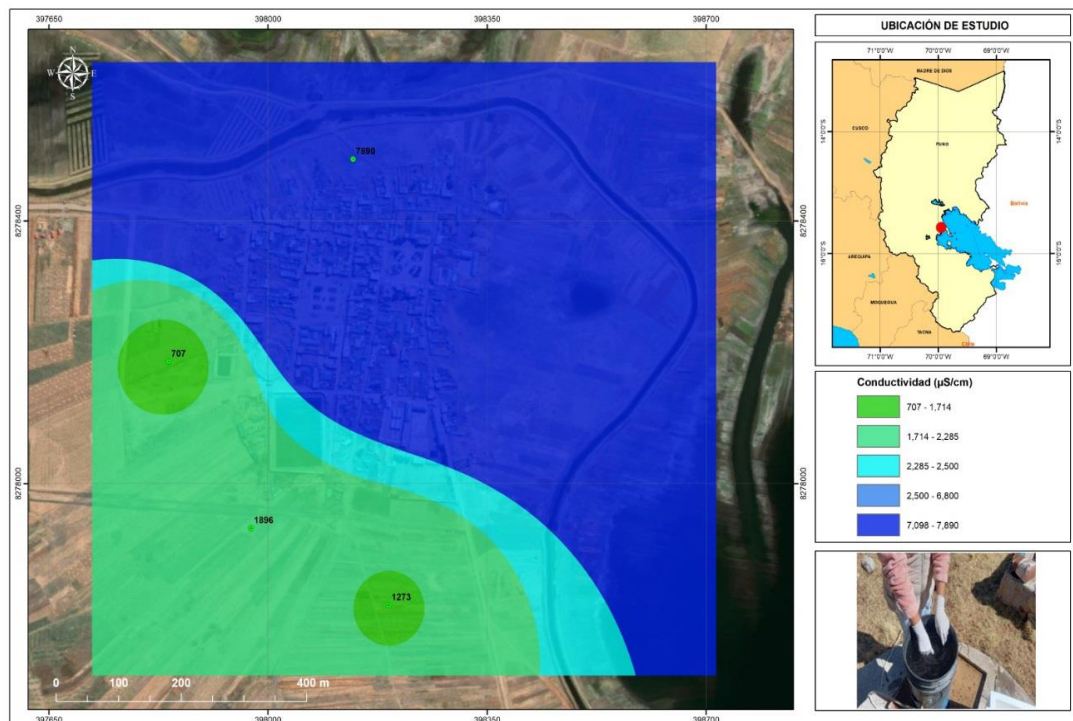


Figura 3 Variación de valores de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

Asimismo, (Arbito, 2015) obtuvo valores entre 0.17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 0.39 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la provincia del Oro; también (E. Belizario, 2011) logró en su investigación de ocho zonas 0.39 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 4.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$; al igual (Curo Vilca, 2015) obtuvo valores similares en pocas de lluvias entre 2037.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 2448.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Collana I y en menores lluvias en Huata oscilan 1848.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1779.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$; similarmente (Mamani Navarro, 2019) obtuvo 2254.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 305.38 $\mu\text{S}/\text{cm}$; finalmente (Flores, 2016), indica que logró un promedio de 739 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 556 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4.1.3 Temperatura

En cuanto a la temperatura en épocas de estiaje presentan los siguientes valores: Uquisilla = 20.8 °C, Queata =20.8 °C; Cupiro Pampa =21 °C y el centro poblado de Carata= 21, °C afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Uquisilla y Queata, los valores mínimos se presentaron en Carata y Cupiro Pampa (Tabla 4).

Tabla 4

Confrontación de temperatura (°C) con los ECAs Categoría 3.

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
20.8	20.8	21	21	20.9	<3

Fuente: Datos laboratorio.

En la tabla presentada, se muestra que según los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), la temperatura óptima del agua debe ser menor a 3 °C para el riego de vegetales y bebida de animales. Los valores de temperatura en las zonas de estudio están dentro de este rango óptimo, lo que indica que cumplen con los indicadores de calidad ambiental establecidos para el uso de agua en riego y bebida de animales.

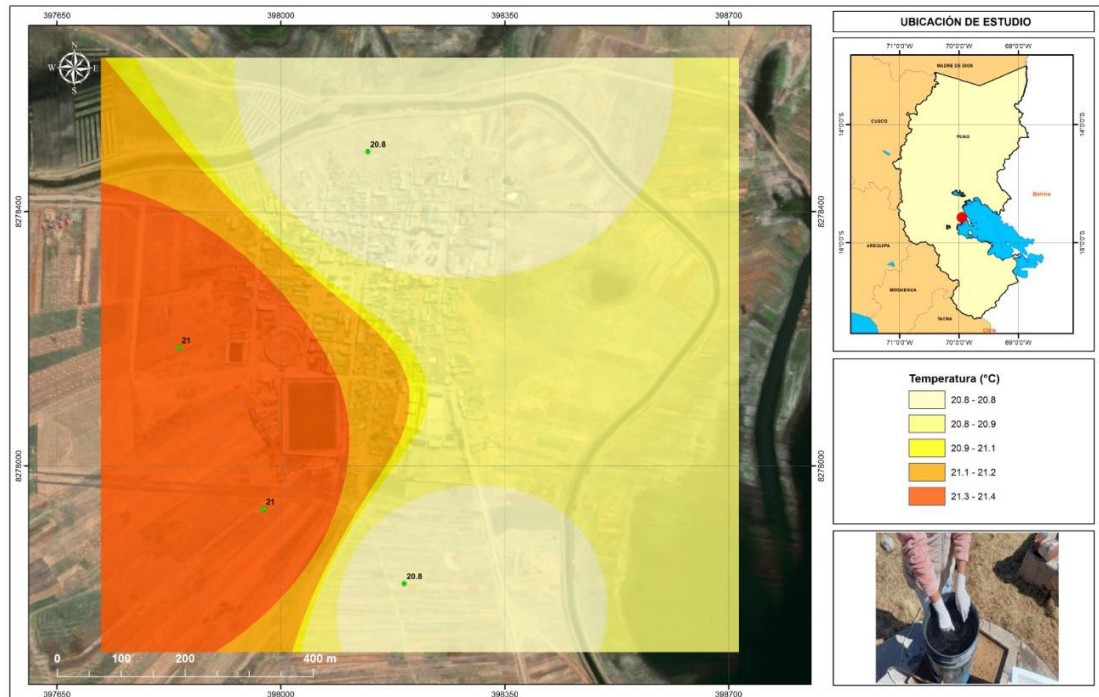


Figura 4 Variación de valores de temperatura (°C) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

4.1.4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

La DBO₅ en épocas de estiaje reporta los siguientes valores: Uquisilla = 2 mg/l, Questa = 2.3 mg/l; Cupiro Pampa = 2 mg/l y centro poblado de. Carata = 3.1 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo del centro poblado de Carata y valor mínimo en Uquisilla y Cupiro Pampa (Tabla 5).

Tabla 5

Confrontación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) con los ECAs - Categoría 3

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
2	2.3	2	3.1	2.35	15

Fuente: Datos laboratorio.

Este resultado evidencia que la DBO₅ óptima para el uso de riego de vegetales y bebida de animales no debe superar los 15 mg/l según los ECAs; observando el promedio de estudio en esta investigación es 2.35 mg/l lo que demuestra que se encuentra al margen de los límites.

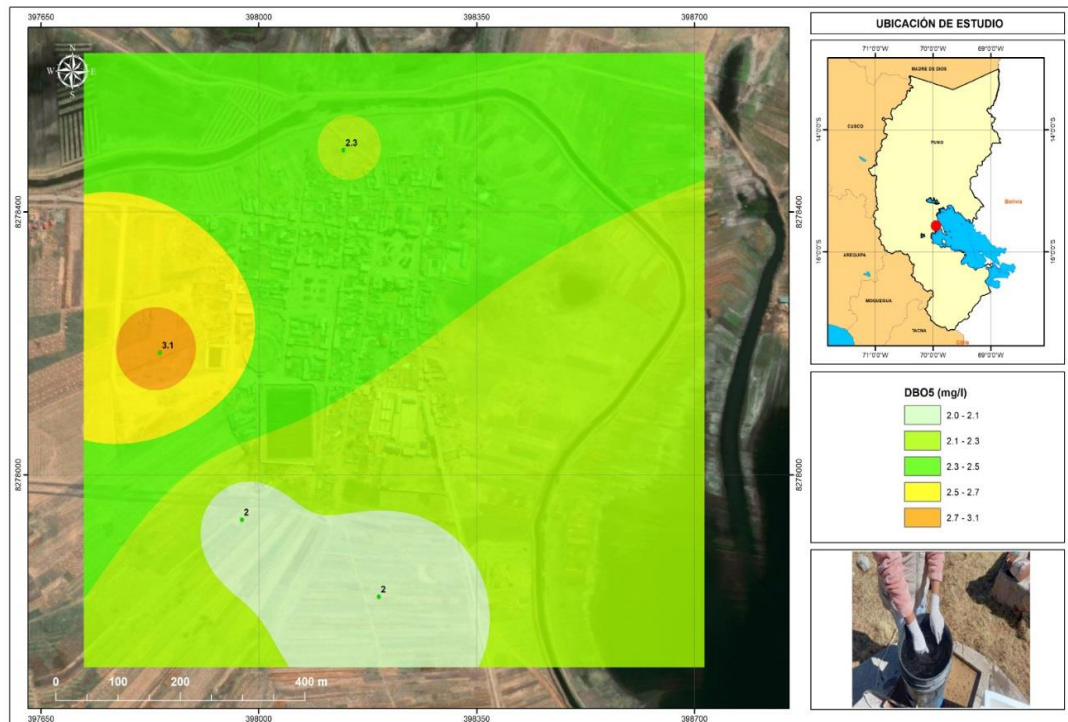


Figura 5 Variación de valores de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

4.1.5 Demanda química de oxígeno (DQO)

La DQO en los pozos del distrito de Coata detallan los siguientes valores: Uquisilla = 13 mg/l, Questa = 111 mg/l ; Cupiro Pampa = 11 mg/l y el centro poblado de Carata = 15 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Queata y valor mínimo en Cupiro Pampa (Tabla 6).

Tabla 6

Resultado de demanda química de oxígeno (DQO) ECAs - Categoría 3.

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
13	111	11	15	37.5	40

Fuente: Datos laboratorio (Bhios).

Con excepción al C.P. Queata que, si supera los estándares de calidad ambiental, las tres zonas se encuentran dentro de lo establecido ya que la norma indica que la DQO óptima para riego de vegetales y bebida de animales no debe superar los 40 mg/l.

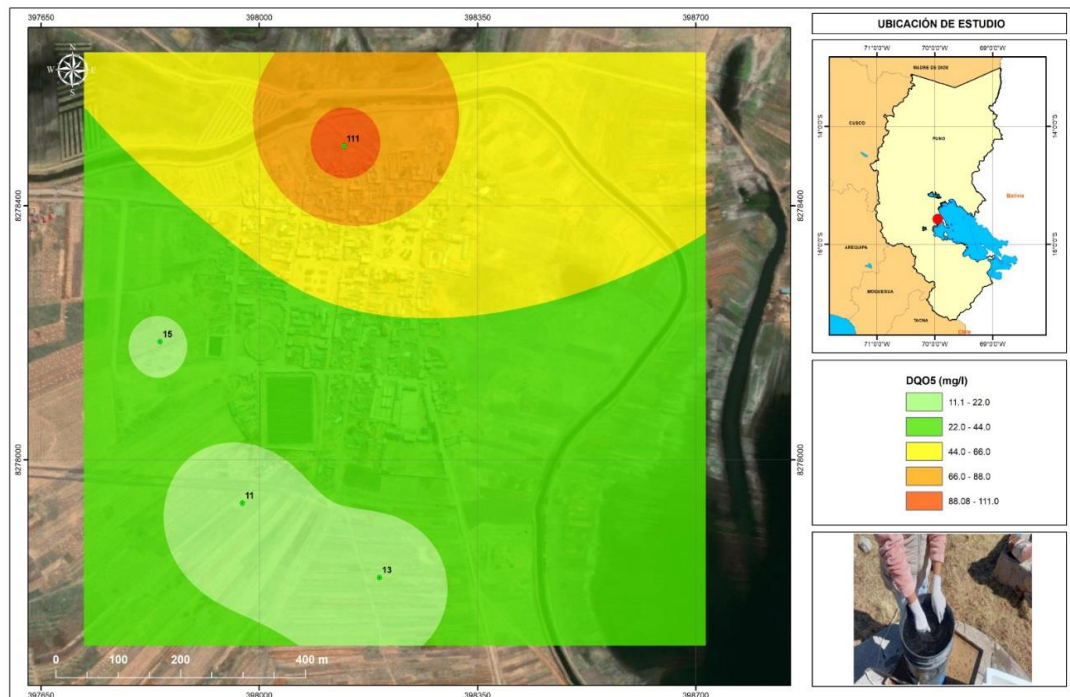


Figura 6 Variación de valores de demanda química de oxígeno (DQO) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

4.1.6 Fenoles

Presentan los siguientes valores en épocas de estiaje: Uquisilla = 0.0021 mg/l, Queata = < 0.002 mg/l; Cupiro Pampa = < 0.002 mg/l y el centro poblado de Carata = < 0.002 mg/l, afirmando que el valor máximo se encontró en Uquisilla (Tabla 7).

Tabla 7

Resultado de fenoles (mg/l).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	0.002

Fuente: Datos laboratorio.

La normativa indica no superar los 0.002 mg/l para el uso de riego de vegetales y bebida de animales; en esta investigación las tres zonas de estudio se encuentran por debajo de los estándares con excepción Uquisilla que está dentro de los indicadores ambientales ya que la presencia de estos se debe a la presencia de efluentes industriales de las actividades productivas de: plásticos, tintes, pinturas, antioxidantes, polímeros sintéticos, resinas, pesticidas, detergentes, desinfectante,

4.1.7 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto durante el periodo de estiaje presenta los siguientes valores: Uquisilla = 4.89 mg/l, Queata = 4.93 mg/l; Cupiro Pampa = 5.01 mg/l y el centro poblado de Carata = 5.6 mg/l afirmando que el valor máximo es de Carata (Tabla 8).

Tabla 8

Resultado de oxígeno disuelto (OD)(mg/l).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
4.89	4.93	5.01	5.6	5.1075	4

Fuente: Datos laboratorio.

Al comparar con la normativa de los estándares de calidad ambiental indican que el oxígeno disuelto óptimo no debe superar los 4 mg/l en la categoría 3; en este estudio todas las muestras superan los estándares lo que no garantiza su calidad.

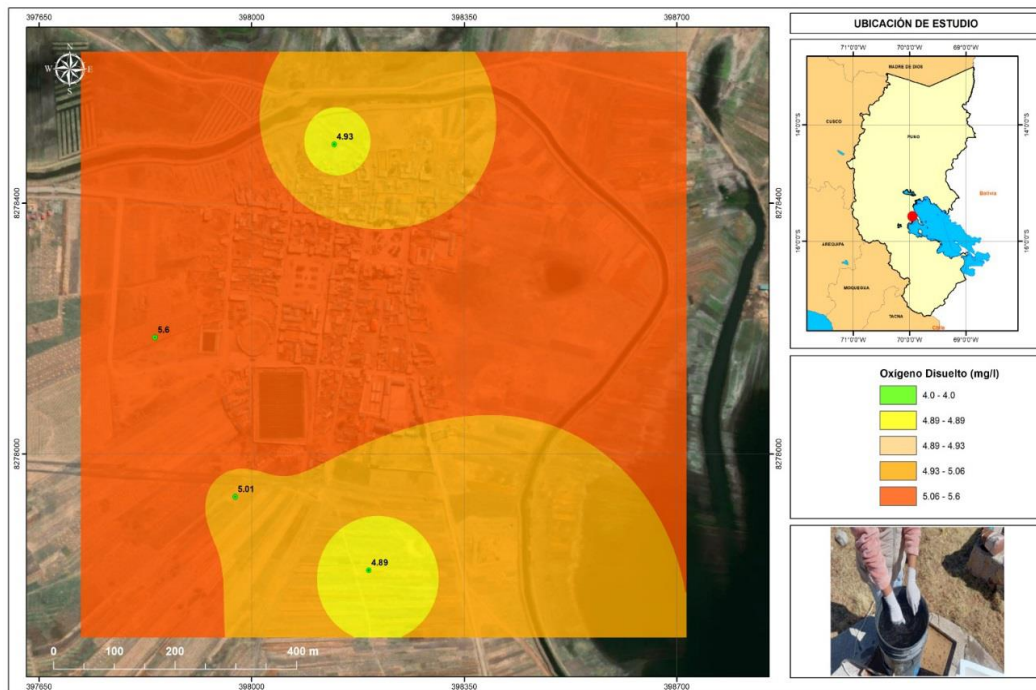


Figura 7 Variación de valores de oxígeno disuelto (OD) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

Asimismo, (Flores, 2016) obtuvo valores máximos de 6.9 mg/l y mínimo de 6.05 mg/l en las aguas subterráneas de Cajamarca, concentraciones que superan los estándares de calidad al igual que esta investigación.

4.2 Contenido de metales pesados en aguas subterráneas.

Determinar el contenido de metales pesados de las aguas subterráneas utilizados para actividades productivas de las comunidades Queata, centro poblado de Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, distrito de Coata, 2021 y comparar con los ECAS-C3.

4.2.1 Aluminio

Las cuatro zonas del distrito de Coata durante periodos de estiaje presentan los siguientes valores: Uquisilla = 0.02 mg/l, Queata = 0.02 mg/l; Cupiro Pampa = 0.03 mg/l y centro poblado de Carata = 0.27 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo

en el pozo de Carata y valor mínimo se presentó en Uquisilla y Cupiro Pampa (Tabla 9).

Tabla 9

Resultado de valores de aluminio (Al).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.02	0.02	0.03	0.27	0.085	5

Fuente: Datos laboratorio.

Los ECA indican que la concentración de aluminio no debe exceder los 5 mg/l para el uso de riego de vegetales y bebida de animales; en este estudio todas las muestras no superan los estándares.

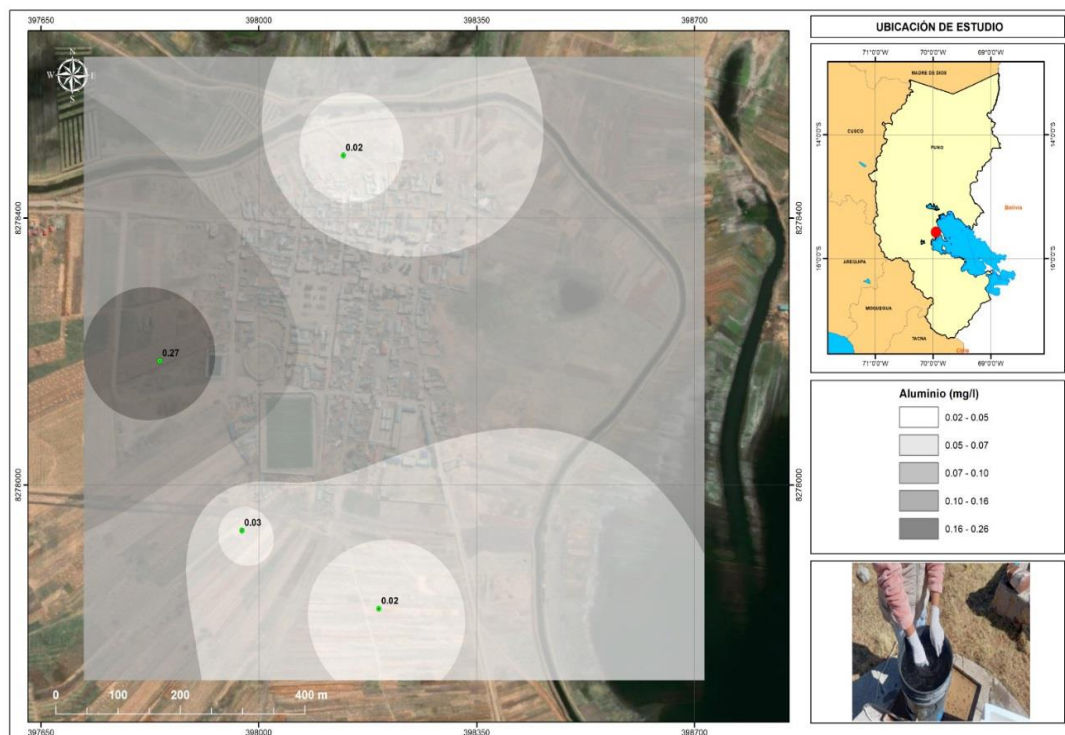


Figura 8 Variación de valores de aluminio (Al) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

4.2.2 Arsénico

Las cuatro zonas de captación evaluadas en el distrito de Coata durante épocas de estiaje presentan los siguientes valores: Uquisilla = 0.00191 mg/l, Queata = 0.00188 mg/l; Cupiro Pampa = 0.01359 mg/l y el centro poblado de Carata = 0.00825 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Carata (Tabla 10).

Tabla 10

Resultado de arsénico (As).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.00191	0.00188	0.01359	0.00825	0.0064075	0.1

Fuente: Datos laboratorio.

Al comparar con la normativa ambiental indica que la concentración de arsénico no debe exceder los 0.1 mg/l, en la categoría 3; en este estudio los valores están por debajo de lo establecido.

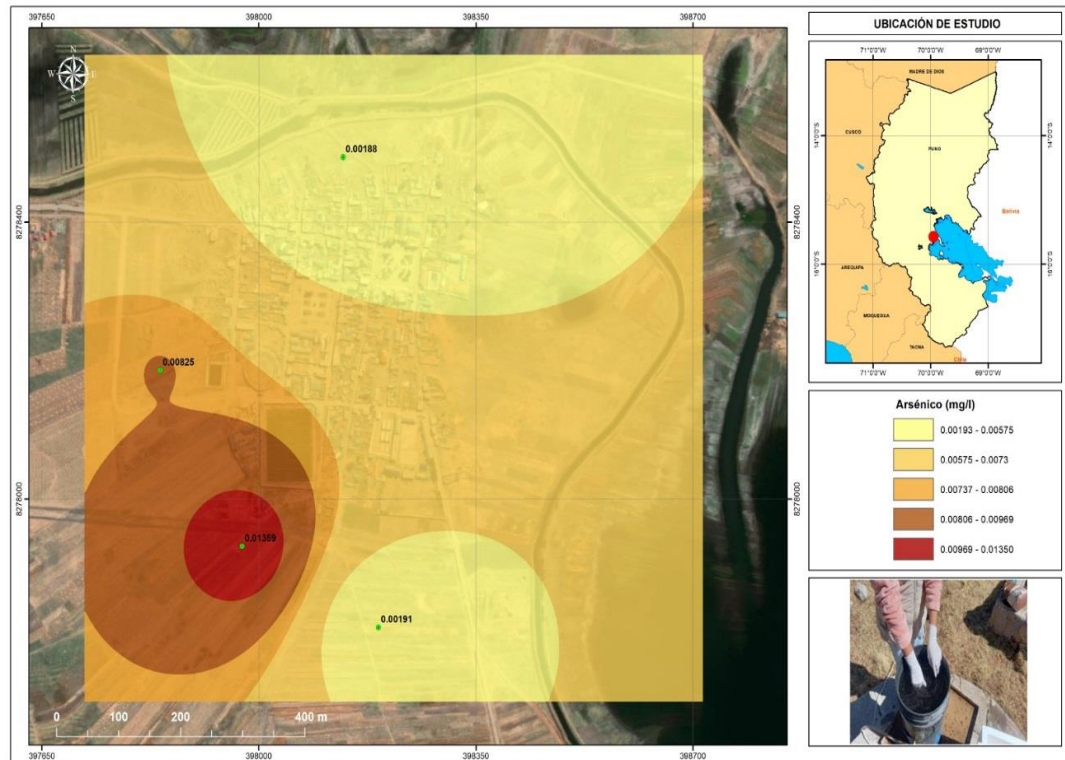


Figura 9 Variación de valores de arsénico (As) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

Así también (Mamani, 2019) quien estudio los pozos tubulares en Juliaca obtuvo valores que oscilaron entre 0.0038 mg/l a 0.165 mg/l; similar (Apaza & Calcina, 2014) que analizo agua subterránea en Desaguadero obteniendo 0.01 mg/l a 0.05 mg/l; al igual que (Flores, 2016) obtuvo 0.053 mg/l a 0.058 mg/l; también (Arbitto, 2015) en la provincia del Oro la concentración fue de 0.01 mg/l no supera; finalmente (Mamani Navarro, 2019) en las agua del rio Coata oscila entre 0.0038 mg/l a 0,165 mg/l en donde si supera los límites. Estos valores son similares al logrado en este estudio.

4.2.3 Boro

En periodo de estiaje el boro reportó los siguientes valores: Uquisilla = 0.119 mg/l, Queata = 4.034 mg/l; Cupiro Pampa = 0.127 mg/l y el centro poblado de Carata = 0.218 mg/l, afirmando que el mayor valor se presentó en el pozo de Queata (Tabla 11).

Tabla 11

Resultado de boro (B).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.119	4.034	0.127	0.218	1.1245	1

Fuente: Datos laboratorio.

Cuando comparamos el resultado con la normativa vigente esto indica que no exceda 1 mg/l para uso en riego y bebida de animales; en el siguiente estudio la concentración de boro promedio = 1.1245 mg/l; valor que supera los límites este resultado en las aguas subterráneas puede indicar que sería el resultado de la lixiviación de rocas y suelos que contienen compuestos de boro. Sin embargo, las tres muestras no superan este límite a excepción de Queata incumpliendo con la normativa vigente.

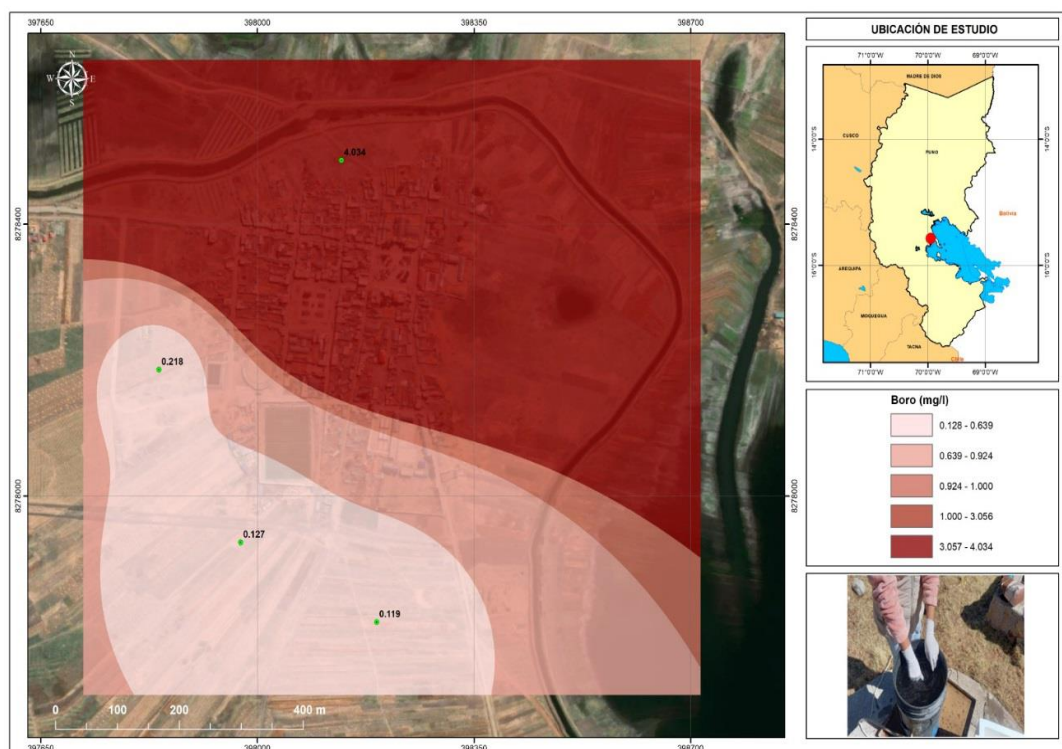


Figura 10 Variación de valores de boro (B) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

Asimismo, (Mamani, 2019) en su estudio obtuvo datos que varían 0.0053 mg/l a 14.090 mg/l donde si superaron los estándares de calidad.

4.2.4 Bario

Las cuatro zonas de estudio durante el periodo de estiaje presentan los siguientes valores: Uquisilla = 0.0266 mg/l, Queata = 0.0202 mg/l; Cupiro Pampa = 0.0901 mg/l y el centro poblado de Carata = 0.3195 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Carata (Tabla 12).

Tabla 12

Resultado de presencia de bario (Ba).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.0266	0.0202	0.0901	0.3195	0.1141	0.7

Fuente: Datos laboratorio.

Según el D.S. de los estándares de calidad ambiental en la sub categoría 3 indica que el boro no debe superar 0.7 mg/l, por lo que se puede afirmar que las concentraciones de este estudio no superan los valores establecidos.

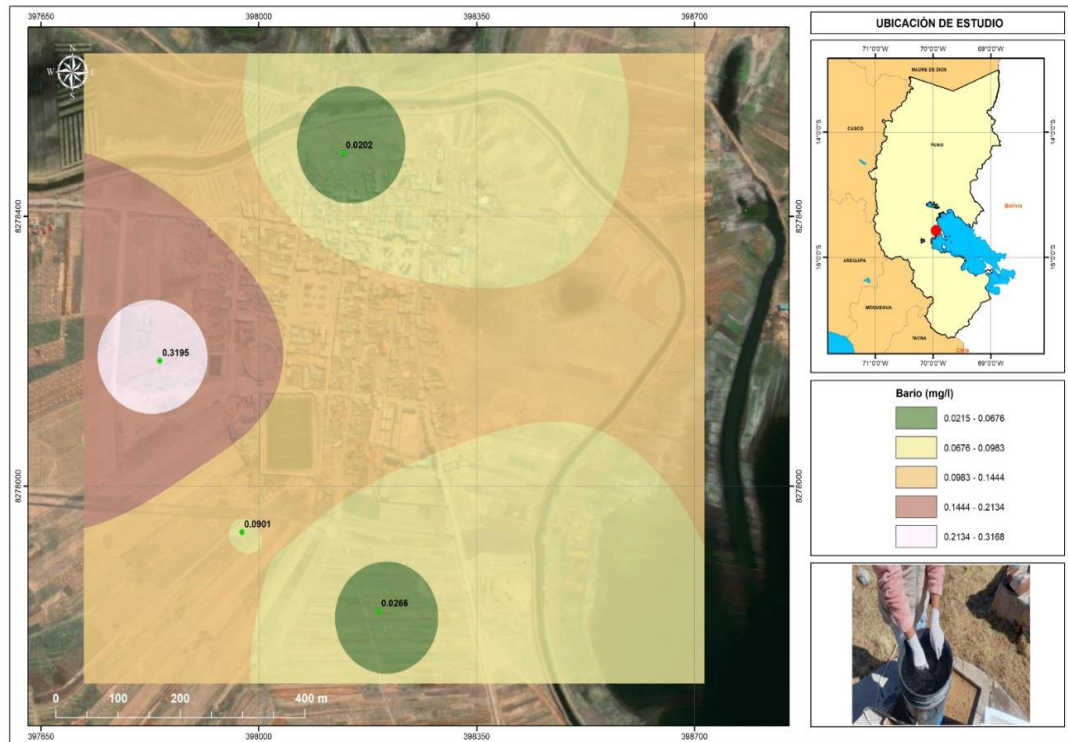


Figura 11 Variación de valores de bario (Ba) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

A su vez, (Mamani, 2019) obtuvo valores de Bario similares 0.0464 mg/l y 0.345 mg/l en cuanto a la presencia de arsénico en su estudio realizados en pozos tubulares.

4.2.5 Berilio

La concentración de berilio en estiaje reporta: Uquisilla = 0.00002 mg/l, Queata = < 0.00002 mg/l; Cupiro Pampa = < 0.00002 mg/l y el centro poblado de Carata = < 0.00002 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Carata (Tabla 13).

Tabla 13

Resultado de presencia de berilio (Be).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	0.00002	0.1

Fuente: Datos laboratorio.

El reglamento indica que el berilio no debe superar 0.1 mg/l, por ello se afirma que las concentraciones de este estudio no superan los valores establecidos.

(Arbitro, 2015) de la misma forma obtuvo 0.008 y 0.01 donde observa que se encuentra dentro de lo establecido en su investigación.

4.2.6 Cadmio (Cd)

Los cuatro pozos presentan los siguientes valores: Uquisilla = 0.00001 mg/l, Queata = < 0.00001 mg/l; Cupiro = 0.00003 mg/l y centro poblado de Carata = 0.00005 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Carata (Tabla 14).

Tabla 14

Resultado de presencia de cadmio (Cd).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.00001	<0.00001	0.00003	0.00005	0.00003	0.01

Fuente: Datos laboratorio.

Según la norma vigente en calidad el cadmio que no debe exceda 1 mg/l para el uso de riego de vegetales y bebida de animales; en el siguiente estudio las cuatro muestras se encuentran dentro de los límites.

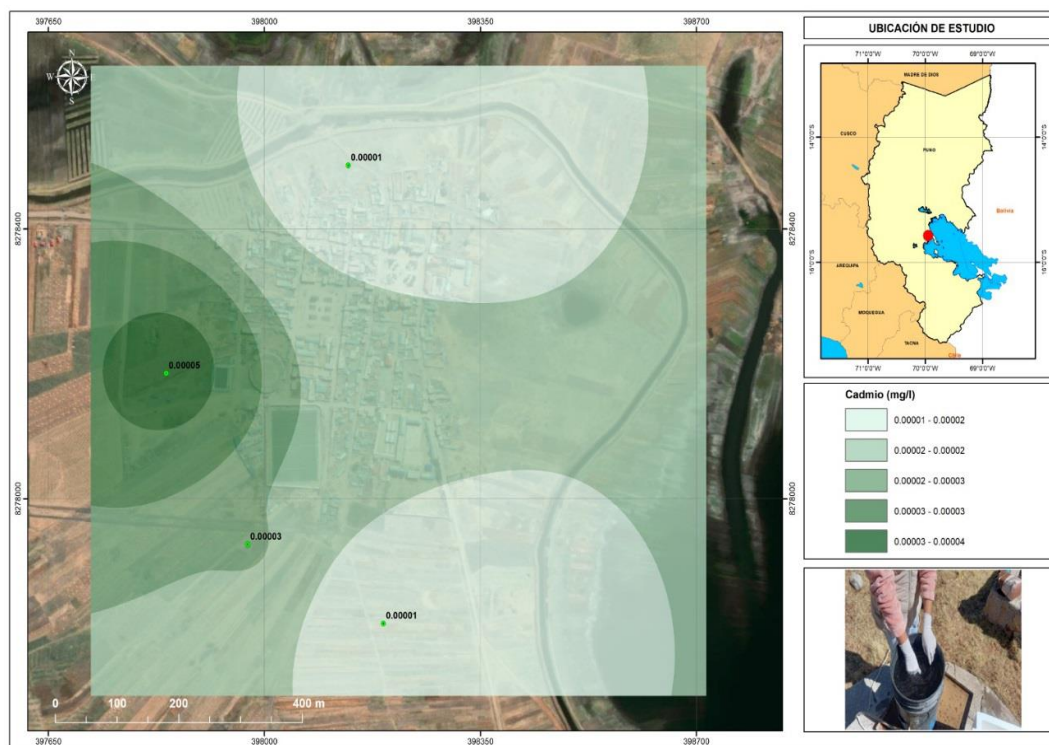


Figura 12 Variación de valores de cadmio (Cd) en puntos muestreados

Fuente: Datos laboratorio.

4.2.7 Cobalto (Co)

Las cuatro zonas de captación evaluadas en el distrito de Coata durante estiaje presentaron los siguientes valores: Uquisilla = 0.00002 mg/l, Queata = 0.00029 mg/l; Cupiro = 0.00008 mg/l y el centro poblado de Carata = 0.00034 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Carata (Tabla 15)

Tabla 15

Resultado de cobalto (Co).

UQUISILLA	QUESTA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.00002	0.00029	0.00008	0.00034	0.0001825	0.05

Fuente: Datos laboratorio.

Los ECA - C3 establece que cobalto que no exceda 0.05 mg/l; en el siguiente estudio las cuatro muestras se encuentran dentro de los límites.

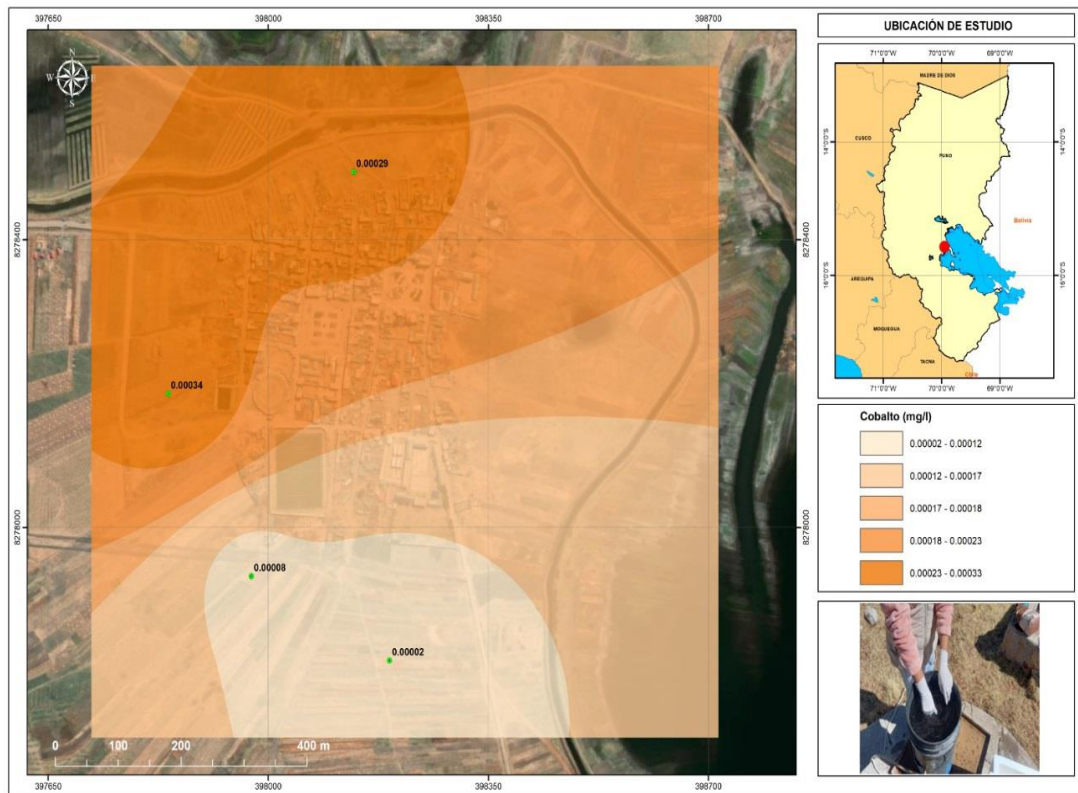


Figura 13 Variación de valores de cobalto (Co) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

4.2.8 Cromo (Cr)

Las cuatro zonas de captación evaluadas en el distrito de Coata en estiaje presentan los siguientes valores: Uquisilla = 0.00055 mg/l, Queata = 0.00195 mg/l; Cupiro = 0.00098 mg/l y el centro poblado de Carata = 0.00189 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Queata (Tabla 16).

Tabla 16

Resultado de la concentración de cromo (Cr).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.00055	0.00195	0.00098	0.00189	0.0013425	0.1

Fuente: Datos laboratorio.

El cromo que no debe exceder 0.1 mg/l según los estándares de calidad ambiental, para ser apto en riego y bebidas de animales; en el siguiente estudio las cuatro muestras se encuentran dentro de los límites.

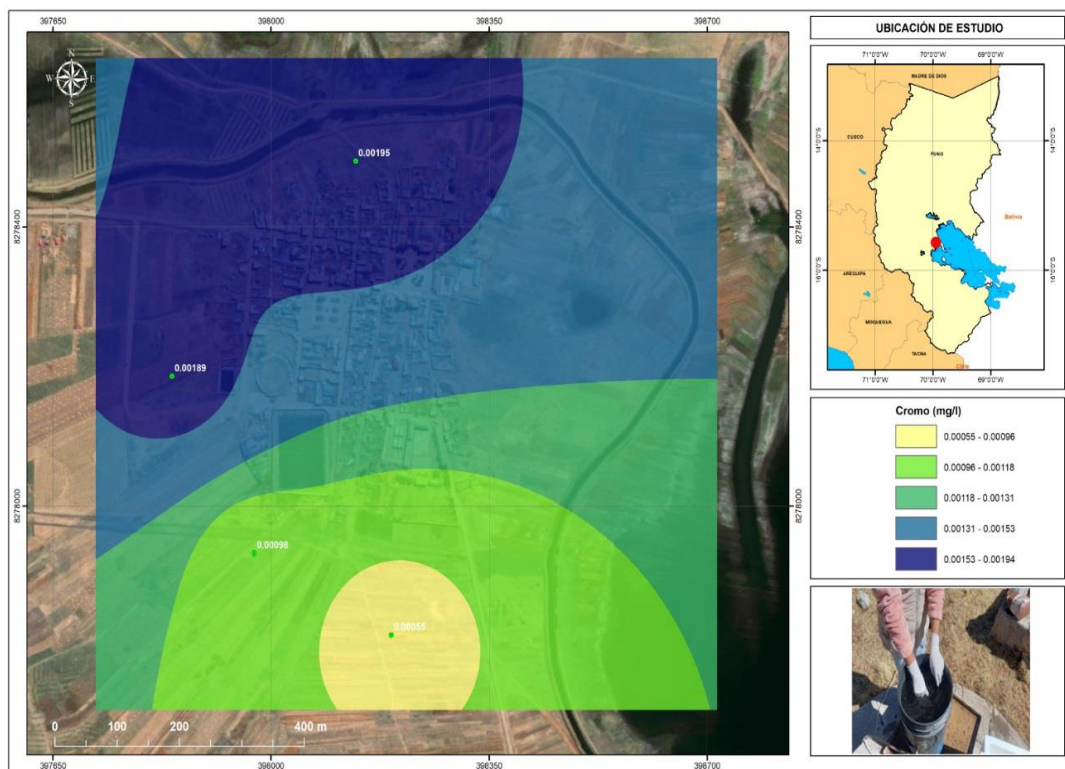


Figura 14 Variación de valores de cromo (Cr) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

Así también (Flores, 2016) obtuvo concentración 0.0000296 muy similares a esta investigación.

4.2.9 Cobre (Cu)

Las cuatro zonas de captación evaluadas en el distrito de Coata durante estiaje presentan los siguientes valores: Uquisilla = 0.001 mg/l, Queata = 0.004 mg/l; Cupiro Pampa = < 0.002 mg/l y el centro poblado de Carata = 0.002 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Queata (Tabla 17).

Tabla 17

Resultado de presencia de cobre (Cu).

UQUISILLA	QUESTA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.001	0.004	<0.001	0.002	0.00233333	0.2

Fuente: datos laboratorio.

El D.S. de los estándares de calidad ambiental establece que cobre no exceda 0.2mg/l para el uso de riego de vegetales y bebida de animales; en el siguiente estudio las cuatro muestras se encuentran dentro de los límites.

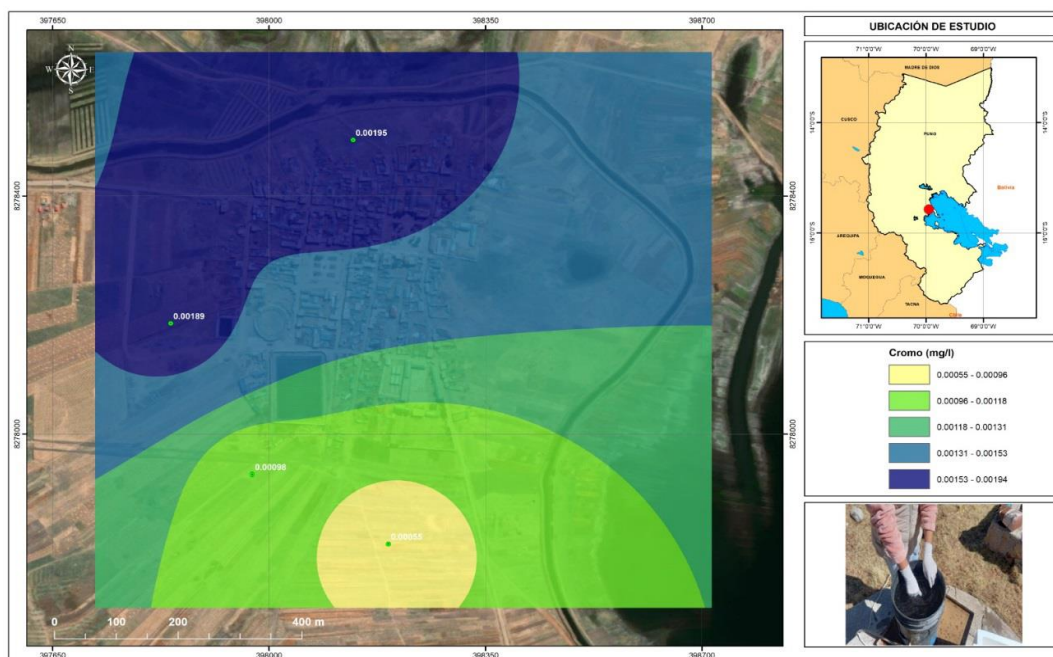


Figura 15 Variación de valores de cobre (Cu) en puntos de muestreo.

Fuente: Datos laboratorio.

Así también (Cuero Vilca, 2015) quien analizó agua subterránea en Coata y obtuvo valores entre 1.1 mg/l a 5.0 mg/l valores cercanos al de esta investigación.

4.2.10 Hierro (He)

Las cuatro zonas de captación evaluadas en el distrito de Coata en estiaje presentan los siguientes valores: Uquisilla = 0.01mg/l, Queata = 0.032mg/l; Cupiro Pampa= 0.043mg/l y el centro poblado de Carata = 0.447mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Carata (Tabla 18).

Tabla 18

Resultado de presencia de hierro (Fe).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.01	0.032	0.043	0.447	0.133	5

Fuente: Datos laboratorio.

La norma indica que hierro que no exceda 5 mg/l para el uso en la categoría 3; en el siguiente estudio las tres muestras se encuentran dentro de los límites.

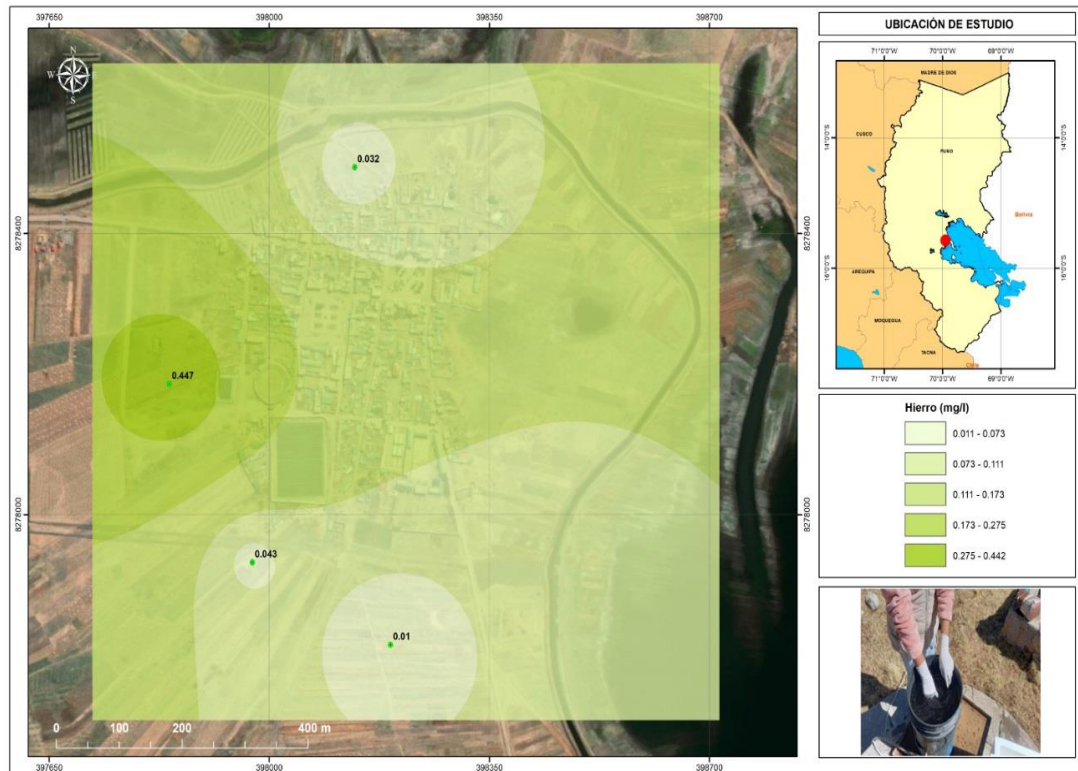


Figura 16 Variación de valores de hierro (Fe) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

También (Flores, 2016) afirmó que en las aguas subterráneas de Cajamarca osciló entre 0.304 mg/l a 0.24 mg/l; asimismo, (Curo Vilca, 2015) en la investigación de las aguas de Coata obtuvo valores de 0.3 mg/l a 0.2 mg/l; finalmente (Mamani, 2019) en la investigación de pozos en Juliaca oscilan a 0.016 mg/l y 56.00 mg/l.

4.2.11 Mercurio (Hg)

Las cuatro zonas de captación evaluadas en el distrito de Coata durante el mes de sequía presentan los siguientes valores: Uquisilla = 0.0005 mg/l, Questa = < 0.0005 mg/l; Cupiro Pampa = < 0.0005 mg/l y el centro poblado de Carata = < 0.0005 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Uquisilla (Tabla 19).

Tabla 19

Resultado de presencia de mercurio (Hg).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005	0.001

Fuente: Datos laboratorio.

El mercurio no debe exceder 0.001 mg/l para su uso en la agricultura; en el siguiente estudio todas las muestras se encuentran dentro de los estándares.

(Flores, 2016) en su estudio de aguas subterránea obtuvo valores mucho menores al nuestro 0.0000326 mg/l.

4.2.12 Magnesio (Mg)

Las cuatro zonas de captación evaluadas en el distrito de Coata durante estiaje presentan los siguientes valores: Uquisilla = 0.0005mg/l, Queata = < 0.0005mg/l; Cupiro Pampa = < 0.0005mg/l y el centro poblado de Carata = < 0.0005mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Queata (Tabla 20).

Tabla 20

Resultado de presencia de magnesio (Mg).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
17.4	174.78	31.54	23.88	61.9	250

Fuente: Datos laboratorio.

El magnesio no debe pasar los 250 mg/l; en el siguiente estudio se muestra cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECAS).

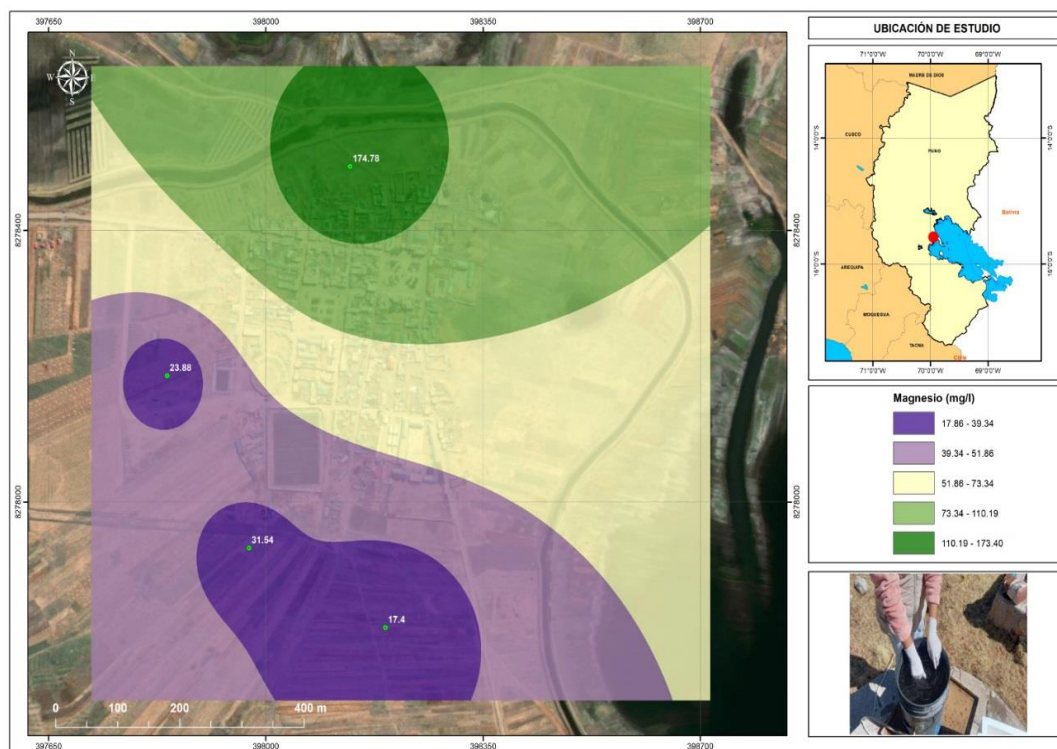


Figura 17 Variación de valores de magnesio (Mg) en puntos muestreados.

Fuente: datos laboratorio.

Así también (Mamani, 2019) muestra concentraciones de 5.274 mg/l a 94.300 mg/l; así también (Flores, 2016) en su investigación obtuvo 16.676 mg/l a 0.00255 mg/l; por otro lado (E. Belizario, 2011) indica que en su investigación tuvo valor de 20.06 mg/l a 127.99 mg/l.

4.2.13 Manganeso (Mn)

Las cuatro zonas de captación evaluadas en el distrito de Coata durante el mes de sequía presentan los siguientes valores: Uquisilla = 0.0043mg/l, Queata = 0.0752 mg/l; Cupiro Pampa = 0.0038 mg/l y el centro poblado de Carata = 0.0665 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Queata (Tabla 21).

Tabla 21

Resultado de concentraciones de manganeso (Mn).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.0043	0.0752	0.0038	0.0665	0.03745	0.2

Fuente: datos laboratorio.

El manganeso no debe pasar de 0.2 mg/l para el uso en la categoría 3 de los ECAs; los cuatro pozos estudiados se encuentran dentro de los límites.

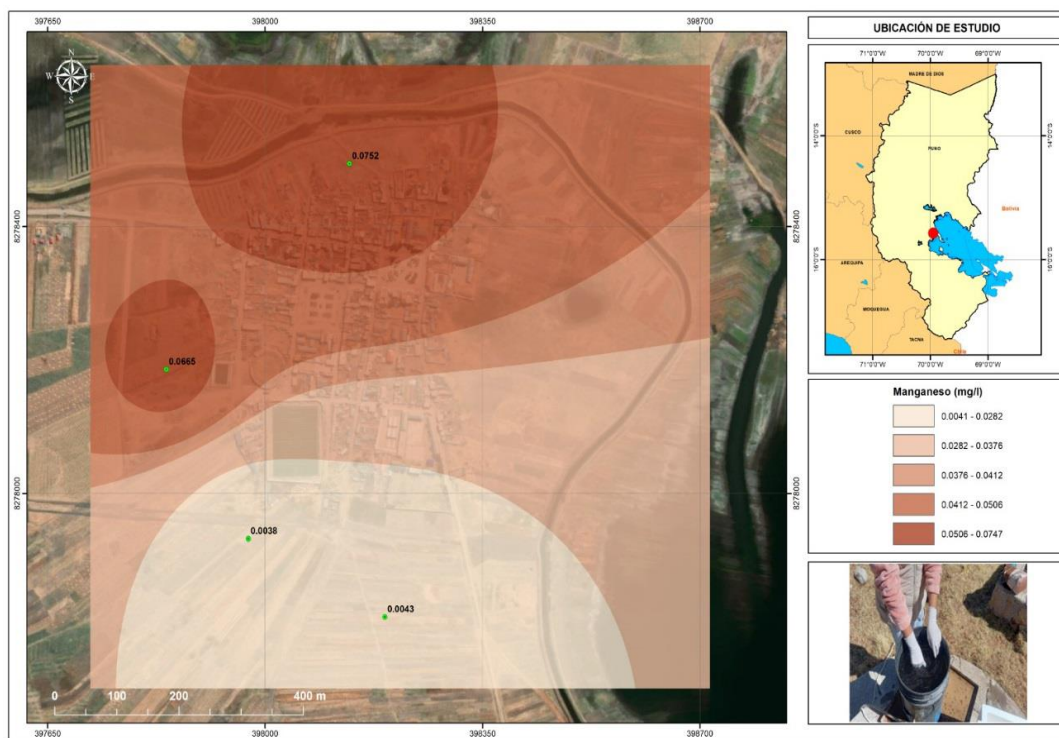


Figura 18 Variación de valores de manganeso (Mn) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

Así también (G. Belizario et al., 2019) confirmó 0.00 mg/l a 0.460 mg/l p2 estiaje y avenida 0.042 mg/l a 0.106 mg/l; igualmente (Arbitto, 2015) 0.006 mg/l a 1.24 mg/l; así también (Mamani Navarro, 2019) 0.0003 mg/l a 0.599 mg/l. muestran valores mayores a los de esta investigación.

4.2.14 Níquel (Ni)

Las cuatro zonas de captación evaluadas en el distrito de Coata durante el mes de sequía presentan los siguientes valores: Uquisilla = 0.0002 mg/l, Queata = 0.0012 mg/l; Cupiro Pampa = 0.0006 mg/l y el centro poblado de Carata = 0.0007 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Queata (Tabla 22).

Tabla 22

Tabla 22 Resultado de presencia de níquel (Ni).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.0002	0.0012	0.0006	0.0007	0.000675	0.2

Fuente: Datos laboratorio.

El níquel no debe sobrepasar los 0.2 mg/l; este estudio sostiene que las cuatro zonas en estudio cumplen con la normativa vigente. y se puede usar en la agricultura.

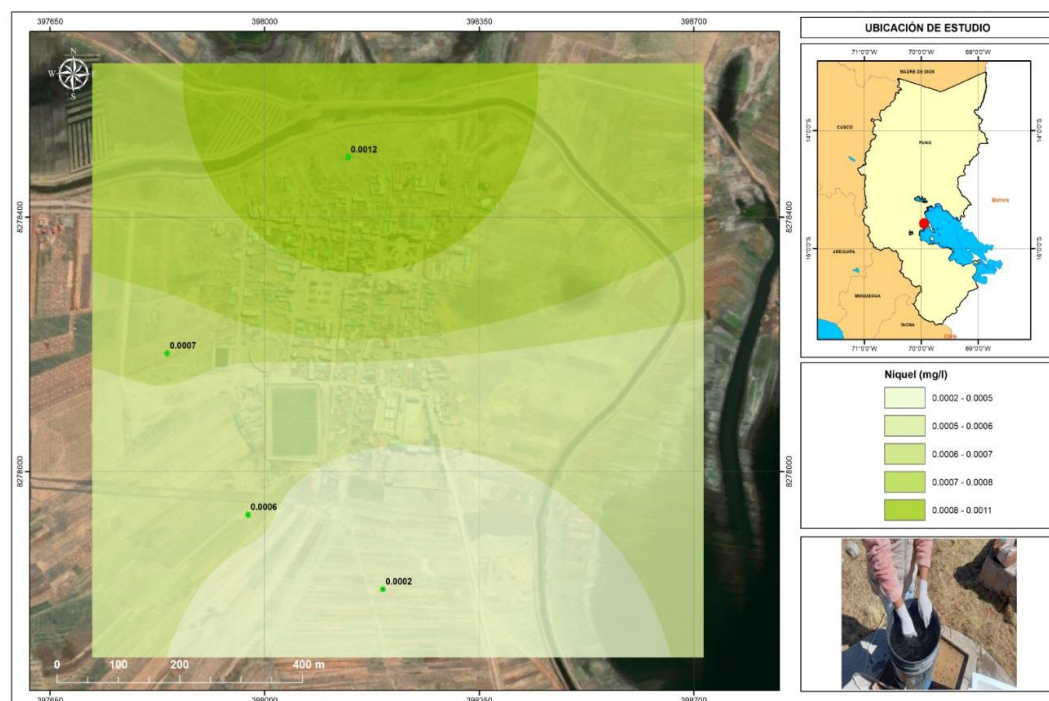


Figura 19 Variación de valores de níquel (Ni) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

4.2.15 Plomo (Pb)

Las cuatro zonas de captación evaluadas en el distrito de Coata durante el mes de sequía presentan los siguientes valores: Uquisilla = 0.0002 mg/l, Queata = < 0.0002 mg/l; Cupiro Pampa = < 0.0002 mg/l y el centro poblado de Carata = 0.0015 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Carata (Tabla 23).

Tabla 23

Resultado de concentración de plomo (Pb) presente.

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0015	0.00085	0.05

Fuente: Datos laboratorio.

Según los ECA el plomo no debe exceder 0.05 mg/l para el uso en la agricultura; se demuestra que cumplen con los estándares las 4 zonas analizadas.

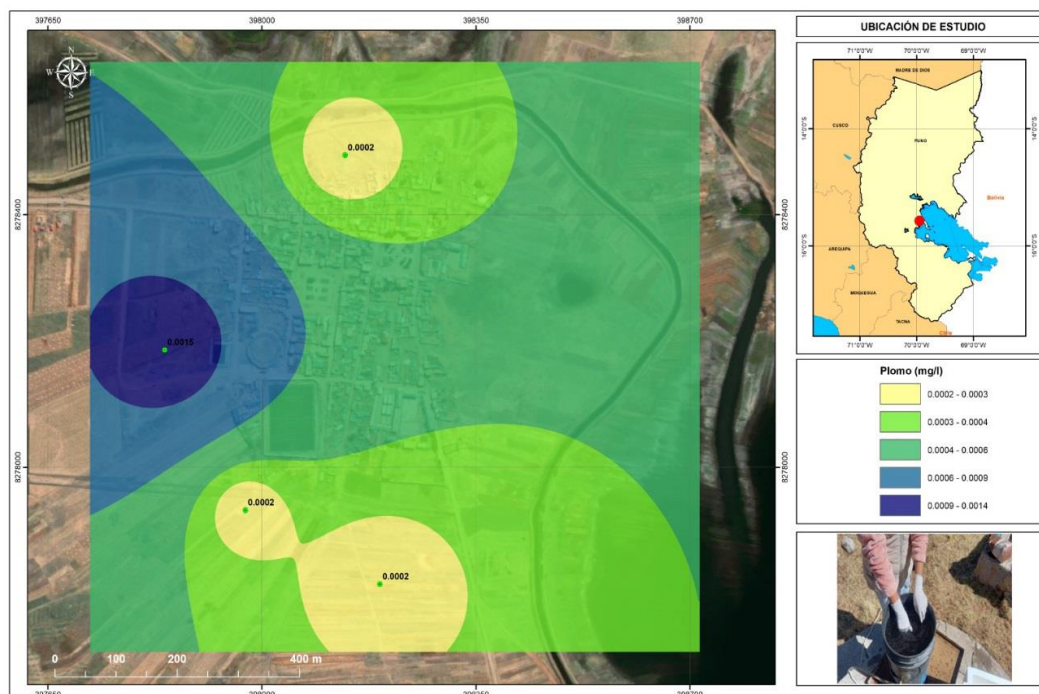


Figura 20 Variación de valores de plomo (Pb) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

(Arbito, 2015) es su investigación obtuvo <0.001 ; por otro lado (Flores, 2016) afirma que logró valores de <0.00057 a 0.74 , valores muy similares al de esta investigación.

4.2.16 Selenio

Las cuatro zonas de captación evaluadas en el distrito de Coata en estiaje presentan los siguientes valores: Uquisilla = 0.001 mg/l, Queata = 0.0003 mg/l; Cupiro = 0.0007 mg/l y el centro poblado de Carata = 0.0003 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Uquisilla (Tabla 24).

Tabla 24

Resultado de la presencia de selenio (Se).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.001	0.0003	0.0007	0.0003	0.000575	0.02

Fuente: Datos laboratorio.

Los Estándares de calidad ambiental indica que selenio que no exceda 0.2 mg/l para el uso de riego de vegetales y bebida de animales; en el siguiente estudio se encuentran dentro de los límites.

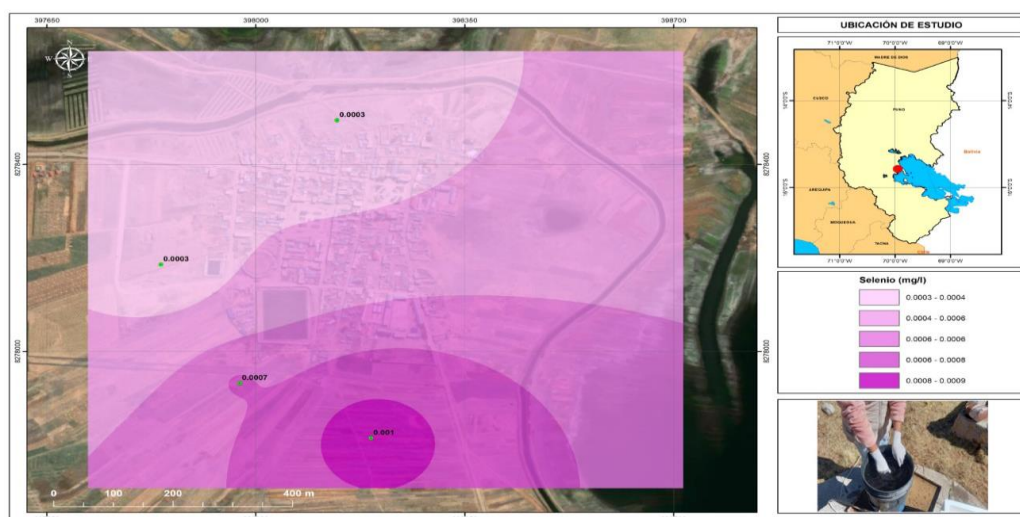


Figura 21 Variación de valores de selenio (Se) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

4.2.17 Zinc (Zn)

Las cuatro zonas de captación evaluadas en el distrito de Coata durante sequía presentan los siguientes valores: Uquisilla = 0.01 mg/l, Queata = 0.005 mg/l; Cupiro Pampa = 0.004 mg/l y el centro poblado de Carata = 0.018 mg/l, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Carata (Tabla 25).

Tabla 25

Resultado de la concentración de zinc (Zn).

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
0.01	0.005	0.004	0.018	0.00925	2

Fuente: Datos laboratorio.

La norma establece que zinc que no exceda 2 mg/l; donde como se detalla en la figura 24 no excedan los valores de alerta, por ello es apto su uso en la categoría 3.

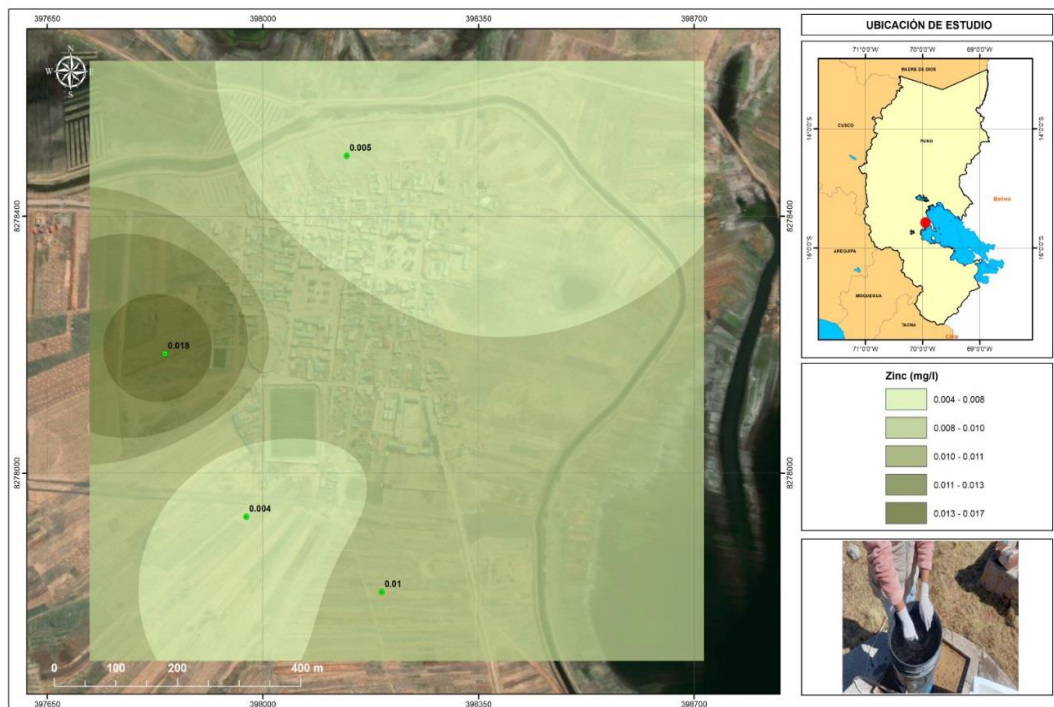


Figura 22 Variación de valores de zinc (Zn) en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

(Flores, 2016) obtuvo resultados de < 0.00057 a 0.074 . Muy cercanos a este estudio.

4.3 Calidad microbiológica en agua subterránea

4.3.1 Coliformes fecales

Las cuatro pozos evaluados en el distrito de Coata presentan los siguientes valores: Uquisilla = 1.8 NMP/100ml, Queata = < 1.8 NMP/100ml; Cupiro Pampa = < 1.8 NMP/ml y centro poblado de Carata = 4.5 NMP/100ml, afirmando que el mayor valor se obtuvo en el pozo de Carata (Tabla 26).

Tabla 26

Resultado de presencia de coliformes fecales.

UQUISILLA	QUEATA	CUPIRO PAMPA	CP CARATA	PROMEDIO	ECA
1.8	<1.8	<1.8	4.5	3.15	1000

Fuente: Datos laboratorio.

La norma nos indica que los coliformes fecales no exceda 1000 NMP/100ml; en el siguiente estudio las tres muestras se encuentran dentro de los límites. Estos resultados indican es apto su uso para la categoría 3.

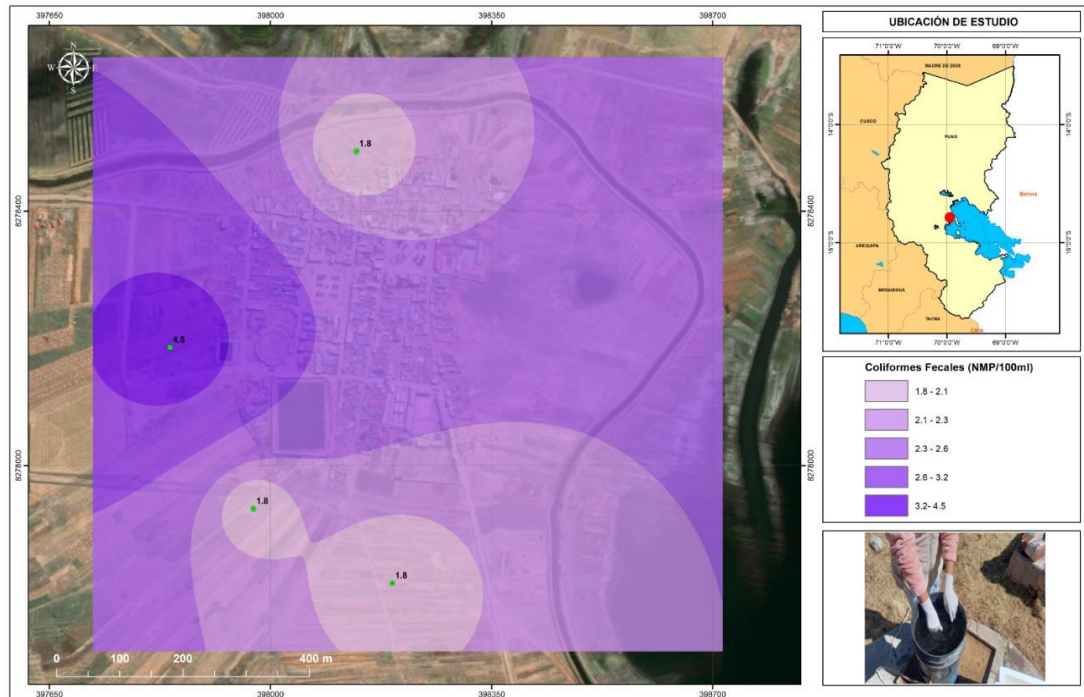


Figura 23 Variación de valores coliformes fecales en puntos muestreados.

Fuente: Datos laboratorio.

(E. Belizario, 2011) en su investigación en la comunidad de Carata del distrito Coata afirma que logró 0.00 a 150.0 NMP/100 ml; por otro lado, (Curo Vilca, 2015) en su estudio de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata obtuvo 360 a 397.0 NMP/100ml y en Collana I y II 262.6 NMP/100ml en >lluvias y en < lluvia 1726 NMP/100 ml.

Las concentraciones de los parámetros estudiados pueden verse afectados por varios factores como la formación geológica, el periodo de análisis (estiaje o lluvia) entre otros (Nguyen et al., 2023, Leiva et al., 2014).

4.4 Prueba de hipótesis

Comprobación de hipótesis

Se analizó la conductividad eléctrica bajo la norma deber ser menor a 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, oxígeno disuelto menor a 5 mg/l, aluminio menor a 5 mg/l, cadmio 0.01 mg/l, boro 1 mg/l, magnesio 250 mg/l, plomo 0.05 mg/l; usamos la prueba T-Student para una muestra.

Planteamiento de Hipótesis para conductividad eléctrica (CE)

H0: $\mu \geq 2500$ El promedio de la conductividad eléctrica es mayor a la norma que es del 2500 $\mu\text{S/cm}$, indica que supera los (ECAS) según el ministerio de salud (D.S. N° 004-2017-MINAM)]

H1: $\mu < 2500$ [El promedio de la conductividad eléctrica es menor a la norma que es 2500 $\mu\text{S/cm}$, indica que no supera los límites máximos permisibles según el ministerio de salud (D.S. N° 004-2017-MINAM)].

Tabla 27

Resultado estadístico para la conductividad eléctrica (CE)

	N	Media	Desv. estándar	Media de error estándar
Conductividad eléctrica	4	2941.50000	3334.546696	1667.273348

Tabla 28

Resultado de prueba estadístico para una muestra de conductividad eléctrica (CE)

Valor de prueba = 2500							
Significación						95% de intervalo de confianza de la diferencia	
	T	Gl	P de un factor	P de dos factores	Diferencia de medias	Inferior	Superior
CE	0.265	3	0.404	0.808	441.5000	-4864.50791	5747.5079

Fuente: prueba de T de Student una variable.

Decisión:

Como el valor de la significancia de la prueba de T- student es de 0.265 y es mayor al 0.05, se acepta la **H0** y rechaza **H1**, podemos concluir que el promedio de la conductividad eléctrica es mayor al Estándar de Calidad D.S. N° 004-2017-MINAM, indica que supera al valor de alerta.

Planteamiento de Hipótesis para Oxígeno Disuelto (OD)

H0: $\mu \geq 4$ [El promedio del Oxígeno Disuelto es mayor al límite del reglamento que es del 4 mg/l, indica que supera los límites máximos permisibles de la norma según el ministerio de salud (D.S. N° 004-2017-MINAM)]

H1: $\mu < 4$ [El promedio del Oxígeno Disuelto es menor al límite del reglamento que es del 4 mg/l, indica que no supera los límites máximos permisibles de la norma según el ministerio de salud (D.S. N° 004-2017-MINAM)]

Tabla 29

Resultado estadístico para una muestra de oxígeno disuelto (OD)

	N	Media	Desv. estándar	Media de error estándar
Oxígeno Disuelto	4	5.10750	0.332102	0.166051

Fuente: prueba de T de Student una variable.

Resultado de prueba estadístico para una muestra de oxígeno disuelto.

Tabla 30

Resultado de prueba estadístico para una muestra de oxígeno disuelto (OD)

Valor de prueba = 4							
		Significación			95% de intervalo de confianza de la diferencia		
	T	LI	P de un factor	P de dos factores	Diferencia de medias	Inferior	Superior
OD	6.670	3	0.003	0.007	1.107500	0.57905	1.63595

Fuente: prueba de T de Student una variable.

Decisión:

Como el valor de la significancia de la prueba de T- student es de 6.670 y es mayor al 0.05, se acepta la **H0** y rechaza **H1**, podemos concluir que el promedio del oxígeno disuelto es mayor al Estándar de Calidad D.S. N° 004-2017-MINAM, indica que supera

al valor de alerta.

Planteamiento de Hipótesis para Aluminio (Al)

H0: $\mu \geq 5$ [El promedio del aluminio es mayor al límite del reglamento que es del 5 mg/l, indica que supera los límites máximos permisibles de la norma según el ministerio de salud (D.S. N° 004-2017-MINAM)]

H1: $\mu < 5$ [El promedio del aluminio es menor al límite del reglamento que es del 5 mg/l, indica que no supera los límites máximos permisibles de la norma según el ministerio de salud (D.S. N° 004-2017-MINAM)]

Tabla 31

Resultado estadístico para una muestra de aluminio (Al)

	N	Media	Desv. estándar	Media de error estándar
Aluminio	4	0.08500	0.123423	0.061712

Fuente: prueba de T de Student una variable.

Tabla 32

Resultado de prueba estadístico para una muestra de aluminio (Al)

Valor de prueba = 5							
T	Gl	Significación			95% de intervalo de confianza de la diferencia		
		P de un factor	P de dos factores	Diferencia de medias	Inferior	Superior	
Al	-79.645	3	<.001	<.001	-4.915000	-5.11139	-4.71861

Fuente: prueba de T de Student una variable.

Decisión:

Como el valor de la significancia de la prueba de T- student es de -79.645 y es menor al 0.05, se rechaza la **H0** y acepta la **H1**, podemos concluir que el promedio del oxígeno disuelto es menor al estándar de Calidad D.S. N° 004-2017-MINAM, indica que no supera el valor de alerta.

Planteamiento de hipótesis para cadmio (Cd)

H₀: $\mu \geq 0.01$ [El promedio del cadmio es mayor al límite del reglamento que es del 0.01 mg/l, indica que supera los límites máximos permisibles de la norma según el ministerio de salud (D.S. N° 004-2017-MINAM)]

H₁: $\mu < 0.01$ [El promedio del cadmio es menor al límite del reglamento que es del 0.01 mg/l, indica que no supera los límites máximos permisibles de la norma según el ministerio de salud (D.S. N° 004-2017-MINAM)]

Tabla 33

Resultado estadístico para una muestra de cadmio (Cd)

	N	Media	Desv. estándar	Media de error estándar
Cadmio	4	0.00002500	0.000019149	0.000009574

Fuente: prueba de T de Student una variable.

Tabla 34

Resultado de prueba estadístico para una muestra de cadmio (Cd)

Valor de prueba = 0.01						
Significación					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
P de dos factores						
T	Gl	P de un factor	P de un factor	Diferencia de medias	Inferior	Superior
Cd	-1041.855	3	<0.001	<0.001	-0.009975000	0.01000547 -0.00994453

Fuente: prueba de T de Student una variable.

Decisión:

Como el valor de la significancia de la prueba de T- student es de -1041.855 y es menor al 0.05, se rechaza la **H₀** y acepta la **H₁**, podemos concluir que el promedio de Cadmio es menor al Estándar de Calidad D.S. N° 004-2017-MINAM, indica que no supera al valor de alerta.

Planteamiento de Hipótesis para boro (B)

H0: $\mu \geq 1$ [El promedio del boro es mayor al límite del reglamento que es del 1 mg/l, indica que supera los límites máximos permisibles de la norma según el ministerio de salud (D.S. N° 004-2017-MINAM)]

H1: $\mu < 1$ [El promedio del boro es menor al límite del reglamento que es del 1 mg/l, indica que no supera los límites máximos permisibles de la norma según el ministerio de salud (D.S. N° 004-2017-MINAM)]

Tabla 35

Resultado estadístico para una muestra de boro (B)

	N	Media	Desv. estándar	Media de error estándar
Boro	4	1.12450	1.940186	0.970093

Fuente: prueba de T de Student una variable con IBM SPSS Statistics.

Tabla 36

Resultado de prueba estadístico para una muestra de boro (B)

Valor de prueba = 1						
Significación					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
T	Gl	P de un factor	P de dos factores	Diferencia de medias	Inferior	Superior
Boro	0.128	3	0.453	0.906	0.124500	-2.96277 3.21177

Fuente: prueba de T de Student una variable con IBM SPSS Statistics.

Decisión:

Como el valor de la significancia de la prueba de T- student es de 0.128 y es mayor al 0.05, se acepta la **H0** y rechaza la **H1**, podemos concluir que el promedio de Cadmio es mayor al estándar de calidad D.S. N° 004-2017-MINAM, indica que supera al valor de alerta.

Planteamiento de hipótesis para magnesio (Mg)

H0: $\mu \geq 250$ [El promedio del magnesio es mayor al límite del reglamento que es del 250 mg/l, indica que supera los límites máximos permisibles de la norma según el ministerio de salud (D.S. N° 004-2017-MINAM)]

H1: $\mu < 250$ [El promedio del magnesio es menor al límite del reglamento que es del 250 mg/l, indica que no supera los límites máximos permisibles de la norma según el ministerio de salud (D.S. N° 004-2017-MINAM)]

Tabla 37

Resultado estadístico para una muestra de magnesio (Mg)

	N	Media	Desv. estándar	Media de error estándar
Magnesio	4	61.90000	75.474928	37.737464

Fuente: prueba de T de Student una variable con IBM SPSS Statistics.

Tabla 38

Resultado de prueba estadístico para una muestra de magnesio (Mg)

Valor de prueba = 250						
T	Gl	Significación			95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		P de un factor	P de dos factores	Diferencia de medias	Inferior	Superior
Mg -4.984	3	0.008	0.016	-188.100000	-308.19745	-68.00255

Fuente: prueba de T de Student una variable con IBM SPSS Statistics.

Decisión:

Como el valor de la significancia de la prueba de T- student es de -4.984 y es menor al 0.05, se rechaza la **H0** y acepta la **H1**, podemos concluir que el promedio de Cadmio es menor al Estándar de Calidad D.S. N° 004-2017-MINAM, indica que no supera el valor de alerta.

Planteamiento de Hipótesis para plomo (Pb)

H0: $\mu \geq 250$ [El promedio del plomo es mayor al límite del reglamento que es del 250 mg/l, indica que supera los límites máximos permisibles de la norma según el ministerio de salud (D.S. N° 004-2017-MINAM)]

H1: $\mu < 250$ [El promedio del plomo es menor al límite del reglamento que es del 250 mg/l, indica que no supera los límites máximos permisibles de la norma según el ministerio de salud (D.S. N° 004-2017-MINAM)]

Tabla 39 Resultado estadístico para una muestra de plomo (Pb)

	N	Media	Desv. estándar	Media de error estándar
Plomo	4	0.000525	0.0006500	0.0003250

Fuente: prueba de T de Student una variable con IBM SPSS Statistics.

Tabla 40

Resultado de prueba estadístico para una muestra de plomo (Pb)

Valor de prueba = 0.05							
T	Gl	Significación			95% de intervalo de confianza de la diferencia		
		P de un factor	P de dos factores	Diferencia de medias	Inferior	Superior	
		Pl	-152.231	3	<0.001	<.001	-0.0494750

Fuente: prueba de T de Student una variable.

Decisión:

Como el valor de la significancia de la prueba de T- student es de -152.231 y es menor al 0.05, se rechaza la **H0** y acepta la **H1**, podemos concluir que el promedio de plomo es menor al estándar de calidad D.S. N° 004-2017-MINAM, indica que no supera el valor de alerta.

CONCLUSIONES

La calidad de las aguas subterráneas y la concentración de metales pesados de las comunidades de Queata, C.P. Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, distrito de Coata; agua utilizada para actividades productivas; tras haber analizado muestran que cumplen con un 80% al cumplimiento con la normativa vigente Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Los parámetros físico químicos reportados de las aguas subterráneas utilizadas en actividades productivas ayudan a evidenciar la calidad de agua subterránea sosteniendo: potencial de Hidrogeno oscilo de 7.7 a 8 unidades pH; conductividad varia de 707 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 7890 $\mu\text{S}/\text{cm}$; la temperatura de 20.8°C a 21°C; la DBO5 oscilo entre 2 mg/l a 3.2 mg/l; DQO5 vario de 11 mg/l a 111 mg/l; los fenoles de <0.002 a 0.002; el oxígeno disuelto osciló de 4.89 mg/l a 5.6 mg/l; Cloruros de 30.17 mg/l a 1827.08 mg/l; Fluoruro de <0.010 mg/l a 0.15 mg/l; Nitratos de 1.2 mg/l a 34.8 mg/l; Nitritos <0.020 mg/l a 4.472 mg/l; Sulfatos 1000.55 mg/l a 16.33 mg/l. Estos valores se encuentran dentro de los estándares de calidad según el MINAM para aguas subterráneas destinadas para riego de vegetales y bebida de animales. Concluyendo que se cumple con la norma con excepción en conductividad eléctrica y DQO en el Queata, el OD sobrepasa los estándares de calidad ambiental en las 4 zonas de estudio.

Las concentraciones de metales pesados de las aguas subterráneas utilizados para actividades productivas fueron: el Aluminio oscilo de 0.02 a 0.27 mg/l; Arsénico varió de 0.00188 a 0.01359 mg/l; Boro oscilo de 0.119 a 4.034 mg/l; Bario fluctuó de 0.0202 a 0.3195 mg/l; Berilio oscilo de <0.00002 a 0.00002 mg/l; Cadmio <0.00001 a 0.00005 mg/l; Cobalto 0.00002 a 0.00034 mg/l; Cromo 0.00055 a 0.00195 mg/l; Cobre <0.001 a 0.004 mg/l; Hierro 0.01 a 0.447 mg/l; Mercurio <0.0005 a 0.0005 mg/l ; Magnesio 17.4 a 174.78 mg/l; Manganeso 0.0038 a 0.0752 mg/l; Niquel 0.0002 a 0.0012 mg/l ; Plomo <0.0002 a 0.0015 mg/l; selenio 0.001 a 0.0003 mg/l; Zinc 0.01 a 0.018 mg/l. Estos valores se encuentran dentro de los estándares de calidad según el MINAM para aguas subterráneas destinadas para riego de vegetales y bebida de animales. Concluyendo que se cumple con la norma con excepción a Boro, Cloruros y Sulfatos en el centro poblado de Queata quienes superan los valores de alerta.



Las concentraciones de la calidad microbiológica como Coliformes Fecales de las aguas subterráneas del distrito de Coata utilizados para actividades productivas fueron: Uquisilla = 1.8 NMP/100ml, Queata = < 1.8 NMP/100ml; Cupiro = < 1.8 NMP/ml y C.P. Carata = 4.5 NMP/100ml, donde se concluye que el C.P. Carata supera los límites de los estándares de calidad.



RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Municipalidad distrital de Coata ejecutar más estudios a los pozos que son utilizados para riego, y así poder descartar las alteraciones de los parámetros fisicoquímicos, logrando un catastro nuevo con datos actuales y verídicos sobre la calidad del agua subterránea.

Realizar monitorios anuales de metales pesados en laboratorio acreditado, así proporcionar valores verídicos sobre la calidad de agua subterránea del distrito de Coata.

Para garantizar la calidad microbiológica en agua subterránea del distrito de Coata es recomendable implementar las áreas técnicas municipales (ATM) con equipamiento adecuado para realizar monitoreos semestrales para los pozos de cada centro poblado.

BIBLIOGRAFÍA

- Altamirano, M., & Delgado, V. (2020). *Contaminación natural por arsénico en las aguas subterráneas de la comunidad rural “la fuente”, para sugerir y promover el uso de fuentes alternativas de agua segura municipio la paz centro, león, nicaragua*. 58–72.
- Apaza Quispe, T. (2020). *Evaluación de arsénico, dureza, coliformes termotolerantes y E. Coli en aguas subterráneas, de las urbanizaciones de Santa Adriana y Niño San Salvador, del distrito de Juliaca, Puno 2019*. 1–94.
- Apaza, R., & Calcina, M. (2014). Contaminación natural de aguas subterráneas por arsénico en la cuenca baja del río Callacame, Desaguadero, Puno. *Revista de investigación altoandina*, 16(1), 5.
- Arbitó, J. (2015). *Caracterización del agua subterránea para uso en actividades productivas y humanas, en el Cantón Pasaje, 2014*.
- Azpilcueta Pérez, M. E., Pedroza Sandoval, A., & Sánchez Cohen, I. (2017). Calidad química del agua en un área agrícola de maíz forrajero (*Zea mays* L.) En la comarca lagunera, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33(1), 75–83. <https://doi.org/10.20937/rica.2017.33.01.07>
- Belizario, E. (2011). *Evaluación de la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano de la comunidad Carata del distrito Coata*.
- Belizario, G., Capacoila, J., Huaquisto, E., Cornejo, D. A., & Chui, H. N. (2019). Determinación del contenido de fósforo y arsénico, y de otros metales contaminantes de las aguas superficiales del río Coata, afluente del Lago Titicaca, Perú. *Revista boliviana de química*, 36(5), 223–228. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.5.4>
- Bellido, R. (2021). *Evaluación del agua subterránea del sector de remanso de characato Arequipa, factibilidad del uso del agua para consumo humano*. 164. [Http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12336/mdzutoma.pdf?sequence=1&isallowed=y](http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12336/mdzutoma.pdf?sequence=1&isallowed=y)
- Bosch, J. R. (1999). La calidad de las aguas. *Revista de obras públicas*, 146(3388), 103–104.

- Bundschuh, J., Armienta, M., Birkle, P., Bhattacharya, P., Matschullat, J., & Mukherjee, A. (2018). Natural arsenic in groundwater of Latin America — occurrence, health impact and remediation. *Natural arsenic in groundwaters of Latin America, January*, 782.
- Calcina-Benique, M. E., Calcina-Rondán, I. E., Huaraya-Chambi, F. R., Salas-Camargo, A. R., & Tejada-Meza, K. (2022). Arsenic in groundwater of the callacame river basin, and its impact on agricultural soils in Desaguadero, Puno-Perú. *Dyna (Colombia)*, 89(221), 178–184. <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n221.98319>
- Carballo Collazo, M. P., & Montaña Xavier, J. (2012). *Manual de agua subterránea*.
- Castillo, S. (2021). *Determinación de metales pesados en el agua subterránea para uso en actividades productivas, en la zona baja de la provincia, el oro*. 179. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16202/castillo_hs.pdf?sequence=1
- Curo Vilca, M. (2015). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno, 2016. *Tesis UNA*, 1–99. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/unap/5302/condori_mamani_meyner_uriel_ruelas_yanque_julio.pdf?sequence=1 http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/unap/2816/luna_mamani_elizabeth.pdf?sequence=1
- Daud, M. K., Nafees, M., Ali, S., Rizwan, M., Bajwa, R. A., Shakoob, M. B., Arshad, M. U., Chatha, S. A. S., Deeba, F., Murad, W., Malook, I., & Zhu, S. J. (2017). Drinking water quality status and contamination in Pakistan. *Biomed research international*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/7908183>
- De la cruz paredes, D. (2021). “Parámetros físico químicos y metales pesados en aguas del acuífero fisurado sedimentario y el acuífero poroso no consolidado alto de la ciudad de Juliaca.” *Universidad Nacional de Juliaca*, 97. http://repositorio.unaj.edu.pe/bitstream/handle/unaj/132/tesis_dwdp.pdf?sequence=1&isallowed=y
- Fajardo Vidal, N. (2018). *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el área de conservación regional humedales de Ventanilla, región Callao, Perú*. 1–266. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/7738>

- FAO. (2011). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. In *FAO*. [Http://www.fao.org/docrep/015/i1688s/i1688s00.pdf](http://www.fao.org/docrep/015/i1688s/i1688s00.pdf)
- Flores, J. (2016). Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca. *Universidad Nacional de Cajamarca*, 18. [Http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/unc/1298/tesismaestría.pdf?sequence=1&isallowed=y](http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/unc/1298/tesismaestría.pdf?sequence=1&isallowed=y)
- Leiva, E. D., rámica, C. D. P., Vargas, I. T., Escauriaza, C. R., bonilla, C. A., Pizarro, G. E., Regan, J. M., & Pasten, P. A. (2014). Natural attenuation process via microbial oxidation of arsenic in a high andean watershed. In *science of the total environment* (vols. 466–467, pp. 490–502). [Https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.009](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.009)
- Llado, C. (2019). *La escasez de agua como amenaza global*.
- Lossio, M. M. (2012). Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones. in *tesis* (p. 183). [Https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2053/ici_192.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2053/ici_192.pdf?sequence=1)
- Macha Manhualaya, E. (2019). Determinación de cadmio, arsénico y plomo por espectrofotometría de absorción atómica en aguas de pozo de Castillo Grande - Tingo María, julio - setiembre 2019. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 44. [Https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11630/macha_me.pdf?sequence=1&isallowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11630/macha_me.pdf?sequence=1&isallowed=y)
- Maimoona, R., Fida, H., & Lee, J. Y. (n.d.). *Groundwater status in Pakistan_ a review of contamination, health risks, and potential needs_ critical reviews in environmental science and technology_ vol 47, no 18 - get access*.
- Malatesta Aulestia, S. (2016). *Objetivo: Determinar la concentración de hierro y manganeso, en una muestra de agua subterránea de consumo humano, localidad el Triunfo, distrito las Piedras, Madre de Dios-año 2016 material y métodos: se usó una muestra de dos litros de agua natural de c.*
- Mamani-Ramos, A. P., Alfaro-Alejo, R., & Mamani-Gomez, J. A. (2019). Base flow

- estimation by water balance, groundwater numerical modelling and water table fluctuation method, case study chumpe river sub-basin Yauli-Junin. In *proceedings of the iahr world congress* (pp. 1857–1865). <https://doi.org/10.3850/38wc092019-0874>
- Mamani Navarro, W. (2019). Determinación de la concentración de arsénico (as) total en las aguas subterráneas de pozos tubulares en el distrito de Juliaca y medidas de mitigación. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, 1–81.
- Mamani, W. (2019). Contaminación de las aguas subterráneas por arsénico (as) el distrito de Juliaca – Perú. in *ñawparisun* (vol. 1, p. 36).
- Mayorga Moreno, P. (2010). *Arsénico en aguas subterráneas su transferencia al suelo y a la planta*. 59.
- Mcfarland, M. L., & Dozier, M. C. (2018). Problemas del agua: el hierro y el manganeso. *El sistema universitario texas a&m*, 1–6. <https://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/15451sironandman.pdf>
- Minam. (2017). Decreto supremo n° 011-2017-minam. *El peruano*, 1–4.
- Molina, I. Y. (2018). *Propuesta de uso del agua subterránea del distrito de Uraca-Corire para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos*. 134. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/unsa/5750/qumoguly.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- OMS. (2019). Guías para la calidad del agua de consumo humano. *Organización mundial de la salud*, 4, 608. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Portocarrero, D. (2010). *Manejo sostenible del agua subterránea con fines de riego en el valle de acari*. 128.
- Quenta, a. (2015). Presencia de metales pesados (hg, as, pb y cd) en agua y leche en la cuenca del río coata 2015. *Universidad nacional del altiplano*, 5.

- [Http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/unap/1930/chata_quenta_ayde.pdf?sequence=1&isallowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/unap/1930/chata_quenta_ayde.pdf?sequence=1&isallowed=y)
- Ramirez Alarcón, A. K. (orcid: (2021). *Presencia de elementos ecotóxicos en agua subterránea y el riesgo a la salud de la población del distrito de Polobaya – Arequipa 2021*. 0–2.
- Robles, C., Chávez, Dagoberto, González, J., & Júnez, H. (2016). *Evaluación de la contaminación de agua subterránea por metales pesados en un acuífero somero*. 15–22.
- Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.).
- Sarkar, S., Blaney, L. M., Gupta, A., Ghosh, D., & Sengupta, A. K. (2008). Arsenic removal from groundwater and its safe containment in a rural environment: validation of a sustainable approach. In *environmental science and technology* (vol. 42, issue 12, pp. 4268–4273). <https://doi.org/10.1021/es702556t>
- Shrestha, S. M., Rijal, K., & Pokhrel, M. R. (2015). Assessment of arsenic contamination in deep groundwater resources of the Kathmandu valley, Nepal. *Journal of geoscience and environment protection*, 03(10), 79–89. <https://doi.org/10.4236/gep.2015.310013>
- Unesco. (2015). Agua. *N engl j med*, 14372, 1349–1358.
- Unesco. (2019). Abordar la escasez y la calidad del agua. in *garantizar el suministro de agua*.
- Unesco. (2020). Informe del 2020 - agua y cambio climático. In *es.unesco.org* (p. 1). <https://es.unesco.org/themes/watersecurity/wwap/wwdr/2020#download%0ahttps://es.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2020>
- Wada, Y., & Bierkens, M. F. P. (2014). Sustainability of global water use: past reconstruction and future projections. *Environmental research letters*, 9(10). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/104003>
- Zavala Sucuitana, P. C., & Delgado Rodriguez, T. M. (2021). *Estudio de la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo*



humano en el departamento de Arequipa. 49.

ANEXOS

Anexo 1 Panel fotográfico

	
<p>Georreferenciación de los puntos a evaluar de los centros poblados del distrito de Coata.</p>	<p>Esterilización de los materiales previos a la toma de muestra.</p>
	
<p>Desempaque de los materiales que enviaron para la toma de muestras.</p>	<p>Repetición a la toma de muestras.</p>



Toma de muestra de agua subterránea para la DBO5.



Toma de muestra para agentes microbiológicos con un porcentaje de oxígeno.



Etiquetado previo al rotulado de las muestras.



Empaque de las muestras con los conservantes adecuados.



Selección de muestras para el transporte hasta la ciudad de Arequipa (Laboratorio Bhios).



Embalado y sellado de muestras previo al envío.

Anexo 2 Reportes del laboratorio de agua subterránea de Cupiro Pampa.



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° 4170-2022
PÁGINA 1 DE 4

SOLICITANTE	: YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI
DIRECCIÓN	: JR. CABANA 526 JULIACA
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA SUBTERRÁNEA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido turbio con presencia de sedimento.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Agua Subterránea del Centro Poblado de Cupiro Pampa.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: 21/08/2022 11:08 Procedencia: 8280108 , Puno , Puno, Coata, Centro Poblado Cupiro Pampa.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 5900 mL aprox. Compuesta de 01 envase vidrio de 500 mL, 02 envases PET de 1000 mL c/u para análisis MB y 01 envase vidrio de 300 mL, 02 envases PET de 1000 mL c/u, 02 envases PET de 500 mL c/u, 01 envase PET de 100 mL para análisis FQ
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases de vidrio y PET cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.7°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°	: 1335-2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 22/08/2022

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



INFORME DE ENSAYOS N° 4170-2022
PÁGINA 2 DE 4

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	
		Agua Subterránea del Centro Poblado de Cupiro Pampa.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	<2.0	mg/L
MB	Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales**	<1.8	NMP/100mL
FQ	Fenoles*	<0.002	mg/L
FQ	pH*	7.6	U de pH
FQ	Temperatura*	21.0	°C
FQ	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	11	mg/L
FQ	Conductividad (25°C)	1896	µS/cm
FQ	Oxígeno Disuelto*	5.01	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L	: Miligramos por litro
U de pH	: Unidades de pH
µS/cm	: Microsiemens por centímetro
NMP/100mL	: Número más probable por 100 mililitros
°C	: Grados Celsius

MÉTODOS UTILIZADOS :

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. 23rd Ed. 2017.
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube Fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. 23rd Ed. 2017.
Fenoles	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 5530 Phenols 23rd Ed. :
pH	: AOAC Official Method 973.41 Chapter 11 Subchapter 1:11.1.03 pH of Water. 21st Ed. Rev. Online 2019
Temperatura	: Norma Técnica Peruana 214.050 : 2013 (Revisada 2018) Calidad de Agua. Determinación de la temperatura en agua.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. 23rd Ed. 2017.
Conductividad (25°C)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000 Method 2510-B Conductivity, Laboratory Method. 23rd Ed. 2017.
Oxígeno Disuelto	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O.C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA
 **Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente):
 Coliformes Termotolerantes o Fecales: Max. 8 hrs después de la toma de muestra a una T < 8°C, muestra con más de 8 hrs de tiempo de vida útil.
 LC: Límite de cuantificación del método.
 LD: Límite de detección del método.
 Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método

INFORME DE ENSAYOS N° 4170- 2022
PÁGINA 3 DE 4

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA		UNIDADES
				Agua Subterránea del Centro Poblado de Cupiro Pampa.		
FQ	Ag (Plata)*	0.00001	0.00005		<0.00005	mg/L
FQ	Al (Aluminio)*	0.004	0.020		0.03	mg/L
FQ	As (Arsénico)*	0.000004	0.00002		0.01359	mg/L
FQ	B (Boro)*	0.001	0.005		0.127	mg/L
FQ	Ba (Bario)*	0.0001	0.0004		0.0901	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		236.70	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)*	0.000001	0.00001		0.00003	mg/L
FQ	Ce (Cerio)*	0.000003	0.00002		0.00009	mg/L
FQ	Co (Cobalto)*	0.000001	0.00001		0.00008	mg/L
FQ	Cr (Cromo)*	0.00001	0.00005		0.00098	mg/L
FQ	Cs (Cesio)*	0.000002	0.00001		0.00002	mg/L
FQ	Cu (Cobre)*	0.0002	0.001		<0.001	mg/L
FQ	Fe (Hierro)*	0.002	0.010		0.043	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)*	0.0001	0.0005		<0.0005	mg/L
FQ	K (Potasio)*	0.004	0.020		3.91	mg/L
FQ	Li (Litio)*	0.00002	0.00008		0.06267	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)*	0.004	0.020		31.54	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)*	0.00003	0.0002		0.0038	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)*	0.00002	0.0001		0.0010	mg/L
FQ	Na (Sodio)*	0.010	0.050		112.45	mg/L
FQ	Ni (Niquel)*	0.00001	0.0001		0.0006	mg/L
FQ	P (Fosforo)*	0.004	0.020		0.05	mg/L
FQ	Pb (Plomo)*	0.00004	0.0002		<0.0002	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)*	0.00002	0.00010		0.0002	mg/L
FQ	Se (Selenio)*	0.00002	0.0001		0.0007	mg/L
FQ	Si (Silicio)*	0.020	0.100		15.17	mg/L
FQ	Sn (Estaño)*	0.00002	0.00010		<0.0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)*	0.0001	0.0004		2.010	mg/L
FQ	Ti (Titanio)*	0.00004	0.0002		0.0006	mg/L
FQ	Tl (Talio)*	0.000004	0.00002		0.00002	mg/L
FQ	U (Uranio)*	0.000003	0.00002		0.04497	mg/L
FQ	V (Vanadio)*	0.0001	0.0004		0.0048	mg/L
FQ	Zn (Zinc)*	0.001	0.003		0.004	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 :

* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

**Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente):

Coliformes Termotolerantes o Fecales: Max. 8 hrs después de la toma de muestra a una T<8°C, muestra con más de 8 hrs de tiempo de vida útil.

LC: Límite de cuantificación del método.

LD: Límite de detección del método.

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



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° 4170-2022
PÁGINA 4 DE 4

Aniones (DS 031)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA	
				Agua Subterránea del Centro Poblado de Cupiro Pampa.	UNIDADES
FQ	Cloruro (Cl ⁻)*	0.01	0.10	262.85	mg/L
FQ	Fluoruro (F ⁻)*	0.001	0.010	0.04	mg/L
FQ	Nitrato (NO ₃ ⁻)*	0.01	0.10	32.10	mg/L
FQ	Nitrito (NO ₂ ⁻)*	0.002	0.020	<0.020	mg/L
FQ	Sulfato (SO ₄ ⁻²)*	0.01	0.10	207.30	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Aniones (DS 031) : Environmental Protection Agency. Method 300.0 Determination of inorganic anions by Ion Chromatography Revision 2.1 August 1993

OBSERVACIONES :

- * Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA
- **Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente):
Coliformes Termotolerantes o Fecales: Max. 8 hrs después de la toma de muestra a una T<8°C, muestra con más de 8 hrs de tiempo de vida útil.
- LC: Límite de cuantificación del método.
- LD: Límite de detección del método.
- Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 22/08/2022 al 02/09/2022

MB 22/08/2022 al 29/08/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 03/09/2022

Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

Anexo 3 Reportes del laboratorio de agua subterránea de Queata.



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° 4171 - 2022
PÁGINA 1 DE 4

SOLICITANTE : YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI
DIRECCIÓN : JR. CABANA 526 JULIACA
PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUBTERRÁNEA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido turbio con presencia de sedimento.
CODIFICACIÓN / MARCA : Agua Subterránea del Centro Poblado de Queata.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : 21/08/2022 08:50 Procedencia: 8272999 UTM, Puno, Puno, Coata, Centro Poblado de Queata.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 5900 mL aprox. Compuesta de 01 envase vidrio de 500 mL, 02 envases PET de 1000 mL c/u para análisis MB y 01 envase vidrio de 300 mL, 02 envases PET de 1000 mL c/u, 02 envases PET de 500 mL c/u, 01 envase PET de 100 mL para análisis FQ
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envases de vidrio y PET cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.7°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° : 1335-2022
FECHA DE RECEPCIÓN : 22/08/2022

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



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



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 4171 - 2022
PÁGINA 2 DE 4

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	
		Agua Subterránea del Centro Poblado de Queata.	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)**	2.3	mg/L
MB	Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales**	<1.8	NMP/100mL
FQ	Fenoles*	<0.002	mg/L
FQ	pH*	8.0	U de pH
FQ	Temperatura*	20.8	°C
FQ	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	111	mg/L
FQ	Conductividad (25°C)	7890	µS/cm
FQ	Oxígeno Disuelto*	4.93	mg/L

ABREVIATURAS:

U de pH	: Unidades de pH
NMP/100mL	: Número más probable por 100 mililitros
°C	: Grados Celsius
mg/L	: Miligramos por litro
µS/cm	: Microsiemens por centímetro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. 23rd Ed. 2017.
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube Fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. 23rd Ed. 2017.
Fenoles	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 5530 Phenols 23rd Ed. :
pH	: AOAC Official Method 973.41 Chapter 11 Subchapter 1:11.1.03 pH of Water. 21st Ed. Rev. Online 2019
Temperatura	: Norma Técnica Peruana 214.050 : 2013 (Revisada 2018) Calidad de Agua. Determinación de la temperatura en agua.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. 23rd Ed. 2017.
Conductividad (25°C)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000 Method 2510-B Conductivity. Laboratory Method. 23rd Ed. 2017.
Oxígeno Disuelto	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O.C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA
 **Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente):
 LC: Límite de cuantificación del método.
 Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método
 Demanda Bioquímica de Oxígeno: Max 24 hrs después de la toma de muestra a una T° < 6°C. Muestra con más de 24 hrs de tiempo de vida útil.
 Coliformes Termotolerantes o Fecales: Max. 8 hrs después de la toma de muestra a una T° < 8°C, muestra con más de 8 hrs de tiempo de vida útil.
 LD: Límite de detección del método.

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

INFORME DE ENSAYOS N° 4171 - 2022
PÁGINA 3 DE 4

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA		UNIDADES
				Agua Subterránea del Centro Poblado de Queata.		
FQ	Ag (Plata)*	0.00001	0.00005		<0.00005	mg/L
FQ	Al (Aluminio)*	0.004	0.020		0.02	mg/L
FQ	As (Arsénico)*	0.000004	0.00002		0.00188	mg/L
FQ	B (Boro)*	0.001	0.005		4.034	mg/L
FQ	Ba (Bario)*	0.0001	0.0004		0.0202	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		220.67	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)*	0.000001	0.00001		<0.00001	mg/L
FQ	Ce (Cerio)*	0.000003	0.00002		0.00002	mg/L
FQ	Co (Cobalto)*	0.000001	0.00001		0.00029	mg/L
FQ	Cr (Cromo)*	0.00001	0.00005		0.00195	mg/L
FQ	Cs (Cesio)*	0.000002	0.00001		0.00006	mg/L
FQ	Cu (Cobre)*	0.0002	0.001		0.004	mg/L
FQ	Fe (Hierro)*	0.002	0.010		0.032	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)*	0.0001	0.0005		<0.0005	mg/L
FQ	K (Potasio)*	0.004	0.020		39.22	mg/L
FQ	Li (Litio)*	0.00002	0.00008		0.68470	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)*	0.004	0.020		174.78	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)*	0.00003	0.0002		0.0752	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)*	0.00002	0.0001		0.0019	mg/L
FQ	Na (Sodio)*	0.010	0.050		1280	mg/L
FQ	Ni (Niquel)*	0.00001	0.0001		0.0012	mg/L
FQ	P (Fosforo)*	0.004	0.020		<0.02	mg/L
FQ	Pb (Plomo)*	0.00004	0.0002		<0.0002	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)*	0.00002	0.00010		0.0005	mg/L
FQ	Se (Selenio)*	0.00002	0.0001		0.0003	mg/L
FQ	Si (Silicio)*	0.020	0.100		10.80	mg/L
FQ	Sn (Estaño)*	0.00002	0.00010		<0.0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)*	0.0001	0.0004		3.736	mg/L
FQ	Ti (Titanio)*	0.00004	0.0002		<0.0002	mg/L
FQ	Tl (Talio)*	0.000004	0.00002		<0.00002	mg/L
FQ	U (Uranio)*	0.000003	0.00002		0.01567	mg/L
FQ	V (Vanadio)*	0.0001	0.0004		0.0015	mg/L
FQ	Zn (Zinc)*	0.001	0.003		0.005	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 :

* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA
 **Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente):
 LC: Límite de cuantificación del método.
 Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método
 Demanda Bioquímica de Oxígeno: Max 24 hrs después de la toma de muestra a una T°<6°C. Muestra con más de 24 hrs de tiempo de vida útil.
 Coliformes Termotolerantes o Fecales: Max. 8 hrs después de la toma de muestra a una T°<8°C, muestra con más de 8 hrs de tiempo de vida útil.
 LD: Límite de detección del método.



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° 4171-2022
PÁGINA 4 DE 4

Aniones (DS 031)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA		UNIDADES
				Agua Subterránea del Centro Poblado de Queata.		
FQ	Cloruro (Cl ⁻)*	0.01	0.10		1827.08	mg/L
FQ	Fluoruro (F ⁻)*	0.001	0.010		<0.010	mg/L
FQ	Nitrato (NO ₃ ⁻)*	0.01	0.10		6.5	mg/L
FQ	Nitrito (NO ₂ ⁻)*	0.002	0.020		<0.020	mg/L
FQ	Sulfato (SO ₄ ⁻²)*	0.01	0.10		1000.55	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Aniones (DS 031) : Environmental Protection Agency. Method 300.0 Determination of inorganic anions by Ion Chromatography Revision 2.1 August 1993

OBSERVACIONES :

* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

**Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente):

LC: Límite de cuantificación del método.

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

Demanda Bioquímica de Oxígeno: Max 24 hrs después de la toma de muestra a una T° < 6°C. Muestra con más de 24 hrs de tiempo de vida útil.

Coliformes Termotolerantes o Fecales: Max. 8 hrs después de la toma de muestra a una T < 8°C, muestra con más de 8 hrs de tiempo de vida útil.

LD: Límite de detección del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 22/08/2022 al 02/09/2022

MB 22/08/2022 al 29/08/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 03/09/2022



[Signature]
Bgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

Anexo 4 Reportes del laboratorio de agua subterránea el C.P. Carata



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° 4172- 2022

PÁGINA 1 DE 4

SOLICITANTE : YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI
DIRECCIÓN : JR. CABANA 526 JULIACA
PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUBTERRÁNEA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido turbio con presencia de sedimento.
CODIFICACIÓN / MARCA : Agua Subterránea Pozo del Centro Poblado Angel Carata
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : 21/08/2022 12:00 Procedencia: 8278950 UTM, Puno, Puno, Coata, Centro Poblado Angel Carata.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 5900 mL aprox. Compuesta de 01 envase vidrio de 500 mL, 02 envases PET de 1000 mL c/u para análisis MB y 01 envase vidrio de 300 mL, 02 envases PET de 1000 mL c/u, 02 envases PET de 500 mL c/u, 01 envase PET de 100 mL para análisis FQ
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envases de vidrio y PET cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.7°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° : 1335-2022
FECHA DE RECEPCIÓN : 22/08/2022

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



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° 4173-2022
PÁGINA 1 DE 4

SOLICITANTE : YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI
DIRECCIÓN : JR. CABANA 526 JULIACA
PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUBTERRÁNEA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido turbio con presencia de sedimento.
CODIFICACIÓN / MARCA : Agua Subterránea Pozo del Centro Poblado Uquisilla
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : 21/08/2022 10:00 Procedencia: 8278781 UTM, Puno, Puno, Coata, Centro Poblado de Uquisilla.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 5900 mL aprox. Compuesta de 01 envase vidrio de 500 mL, 02 envases PET de 1000 mL c/u para análisis MB y 01 envase vidrio de 300 mL, 02 envases PET de 1000 mL c/u, 02 envases PET de 500 mL c/u, 01 envase PET de 100 mL para análisis FQ
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envases de vidrio y PET cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.7°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° : 1335-2022
FECHA DE RECEPCIÓN : 22/08/2022

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.



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



INFORME DE ENSAYOS N° 4172- 2022
PÁGINA 2 DE 4

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	
		Agua Subterránea Pozo del Centro Poblado Angel Carata	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	3.1	mg/L
MB	Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales**	4.5	NMP/100mL
FQ	Fenoles*	<0.002	mg/L
FQ	pH*	7.9	U de pH
FQ	Temperatura*	21.0	°C
FQ	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	15	mg/L
FQ	Conductividad (25°C)	707	µS/cm
FQ	Oxígeno Disuelto*	5.60	mg/L

ABREVIATURAS:

NMP/100mL : Número más probable por 100 mililitros
°C : Grados Celsius
µS/cm : Microsiemens por centímetro
mg/L : Miligramos por litro
U de pH : Unidades de pH

MÉTODOS UTILIZADOS :

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. 23rd Ed. 2017.
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. 23rd Ed. 2017.
Fenoles : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 5530 Phenols 23rd Ed. :
pH : AOAC Official Method 973.41 Chapter 11 Subchapter 1:11.1.03 pH of Water. 21st Ed. Rev. Online 2019
Temperatura : Norma Técnica Peruana 214.050 : 2013 (Revisada 2018) Calidad de Agua. Determinación de la temperatura en agua.
Demanda Química de Oxígeno (DQO) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method. 23rd Ed. 2017.
Conductividad (25°C) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000 Method 2510-B Conductivity. Laboratory Method. 23rd Ed. 2017.
Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O.C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA
** Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente):
Coliformes Termotolerantes o Fecales: Max. 8 hrs después de la toma de muestra a una T < 8°C, muestra con más de 8 hrs de tiempo de vida útil .
LC: Límite de cuantificación del método.
LD: Límite de detección del método.
Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método



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° 4172-2022
PÁGINA 3 DE 4

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA		UNIDADES
				Agua Subterránea Pozo del Centro Poblado Angel Carata		
FQ	Ag (Plata)*	0.00001	0.00005		<0.00005	mg/L
FQ	Al (Aluminio)*	0.004	0.020		0.27	mg/L
FQ	As (Arsénico)*	0.000004	0.00002		0.00825	mg/L
FQ	B (Boro)*	0.001	0.005		0.218	mg/L
FQ	Ba (Bario)*	0.0001	0.0004		0.3195	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		77.14	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)*	0.000001	0.00001		0.00005	mg/L
FQ	Ce (Cerio)*	0.000003	0.00002		0.00126	mg/L
FQ	Co (Cobalto)*	0.000001	0.00001		0.00034	mg/L
FQ	Cr (Cromo)*	0.00001	0.00005		0.00189	mg/L
FQ	Cs (Cesio)*	0.000002	0.00001		0.00047	mg/L
FQ	Cu (Cobre)*	0.0002	0.001		0.002	mg/L
FQ	Fe (Hierro)*	0.002	0.010		0.447	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)*	0.0001	0.0005		<0.0005	mg/L
FQ	K (Potasio)*	0.004	0.020		7.57	mg/L
FQ	Li (Litio)*	0.00002	0.00008		0.07461	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)*	0.004	0.020		23.88	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)*	0.00003	0.0002		0.0665	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)*	0.00002	0.0001		0.0023	mg/L
FQ	Na (Sodio)*	0.010	0.050		31.14	mg/L
FQ	Ni (Niquel)*	0.00001	0.0001		0.0007	mg/L
FQ	P (Fosforo)*	0.004	0.020		0.21	mg/L
FQ	Pb (Plomo)*	0.00004	0.0002		0.0015	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)*	0.00002	0.00010		0.0007	mg/L
FQ	Se (Selenio)*	0.00002	0.0001		0.0003	mg/L
FQ	Si (Silicio)*	0.020	0.100		14.43	mg/L
FQ	Sn (Estaño)*	0.00002	0.00010		<0.0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)*	0.0001	0.0004		0.8921	mg/L
FQ	Ti (Titanio)*	0.00004	0.0002		0.0069	mg/L
FQ	Tl (Talio)*	0.000004	0.00002		0.00003	mg/L
FQ	U (Uranio)*	0.000003	0.00002		0.00456	mg/L
FQ	V (Vanadio)*	0.0001	0.0004		0.0021	mg/L
FQ	Zn (Zinc)*	0.001	0.003		0.018	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 :

* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

**Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente):

Coliformes Termotolerantes o Fecales: Max. 8 hrs después de la toma de muestra a una T<8°C, muestra con más de 8 hrs de tiempo de vida útil.

LC: Límite de cuantificación del método.

LD: Límite de detección del método.

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



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° 4172- 2022
PÁGINA 4 DE 4

Aniones (DS 031)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA		UNIDADES
				Agua Subterránea Pozo del Centro Poblado Angel Carata		
FQ	Cloruro (Cl ⁻)*	0.01	0.10		54.83	mg/L
FQ	Fluoruro (F ⁻)*	0.001	0.010		0.15	mg/L
FQ	Nitrato (NO ₃ ⁻)*	0.01	0.10		34.8	mg/L
FQ	Nitrito (NO ₂ ⁻)*	0.002	0.020		4.472	mg/L
FQ	Sulfato (SO ₄ ⁻²)*	0.01	0.10		16.33	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Aniones (DS 031) : Environmental Protection Agency. Method 300.0 Determination of inorganic anions by Ion Chromatography Revision 2.1 August 1993

OBSERVACIONES :

* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA
 **Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente):
 Coliformes Termotolerantes o Fecales: Max. 8 hrs después de la toma de muestra a una T<8°C, muestra con más de 8 hrs de tiempo de vida útil .
 LC: Límite de cuantificación del método.
 LD: Límite de detección del método.
 Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 22/08/2022 al 02/09/2022
 MB 22/08/2022 al 29/08/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 03/09/2022



Dr. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

Anexo 5 Reportes del laboratorio de agua subterránea de Uquisilla.



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° 4173-2022
PÁGINA 1 DE 4

SOLICITANTE : YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI
DIRECCIÓN : JR. CABANA 526 JULIACA
PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUBTERRÁNEA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido turbio con presencia de sedimento.
CODIFICACIÓN / MARCA : Agua Subterránea Pozo del Centro Poblado Uquisilla
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : 21/08/2022 10:00 Procedencia: 8278781 UTM, Puno, Puno, Coata, Centro Poblado de Uquisilla.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 5900 mL aprox. Compuesta de 01 envase vidrio de 500 mL, 02 envases PET de 1000 mL c/u para análisis MB y 01 envase vidrio de 300 mL, 02 envases PET de 1000 mL c/u, 02 envases PET de 500 mL c/u, 01 envase PET de 100 mL para análisis FQ
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envases de vidrio y PET cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.7°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° : 1335-2022
FECHA DE RECEPCIÓN : 22/08/2022

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.



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° 4173-2022
PÁGINA 2 DE 4

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	
		Agua Subterránea Pozo del Centro Poblado Uquisilla	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)**	<2.0	mg/L
MB	Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales**	<1.8	NMP/100mL
FQ	Fenoles*	<0.002	mg/L
FQ	pH*	7.7	U de pH
FQ	Temperatura*	20.8	°C
FQ	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	13	mg/L
FQ	Conductividad (25°C)	1273	µS/cm
FQ	Oxígeno Disuelto*	4.89	mg/L

ABREVIATURAS:

µS/cm	: Microsiemens por centímetro
°C	: Grados Celsius
U de pH	: Unidades de pH
mg/L	: Miligramos por litro
NMP/100mL	: Número más probable por 100 mililitros

MÉTODOS UTILIZADOS :

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5 day BOD Test. 23rd Ed. 2017.
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. 23rd Ed. 2017.
Fenoles	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 5530 Phenols 23rd Ed. :
pH	: AOAC Official Method 973.41 Chapter 11 Subchapter 1:11.1.03 pH of Water. 21st Ed. Rev. Online 2019
Temperatura	: Norma Técnica Peruana 214.050 : 2013 (Revisada 2018) Calidad de Agua. Determinación de la temperatura en agua.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. 23rd Ed. 2017.
Conductividad (25°C)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000 Method 2510-B Conductivity. Laboratory Method. 23rd Ed. 2017.
Oxígeno Disuelto	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-OC. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. 23rd Ed. 2017.

OBSERVACIONES :

* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA
 **Estos métodos quedan fuera de alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente):
 LC: Límite de cuantificación del método.
 Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método
 Demanda Bioquímica de Oxígeno: Max 24 hrs después de la toma de muestra a una T° <6°C. Muestra con más de 24 hrs de tiempo de vida útil.
 Coliformes Termotolerantes o Fecales: Max. 8 hrs después de la toma de muestra a una T <8°C, muestra con más de 8 hrs de tiempo de vida útil.
 LD: Límite de detección del método.



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° 4173-2022
PÁGINA 3 DE 4

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA		UNIDADES
				Agua Subterránea Pozo del Centro Poblado Uquisilla		
FQ	Ag (Plata)*	0.00001	0.00005		0.00014	mg/L
FQ	Al (Aluminio)*	0.004	0.020		<0.02	mg/L
FQ	As (Arsénico)*	0.000004	0.00002		0.00191	mg/L
FQ	B (Boro)*	0.001	0.005		0.119	mg/L
FQ	Ba (Bario)*	0.0001	0.0004		0.0266	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		80.38	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)*	0.000001	0.00001		<0.00001	mg/L
FQ	Ce (Cerio)*	0.000003	0.00002		0.00003	mg/L
FQ	Co (Cobalto)*	0.000001	0.00001		0.00002	mg/L
FQ	Cr (Cromo)*	0.00001	0.00005		0.00055	mg/L
FQ	Cs (Cesio)*	0.000002	0.00001		0.00002	mg/L
FQ	Cu (Cobre)*	0.0002	0.001		0.001	mg/L
FQ	Fe (Hierro)*	0.002	0.010		<0.01	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)*	0.0001	0.0005		<0.0005	mg/L
FQ	K (Potasio)*	0.004	0.020		42.08	mg/L
FQ	Li (Litio)*	0.00002	0.00008		0.00663	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)*	0.004	0.020		17.40	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)*	0.00003	0.0002		0.0043	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)*	0.00002	0.0001		0.0008	mg/L
FQ	Na (Sodio)*	0.010	0.050		14.19	mg/L
FQ	Ni (Niquel)*	0.00001	0.0001		0.0002	mg/L
FQ	P (Fosforo)*	0.004	0.020		0.20	mg/L
FQ	Pb (Plomo)*	0.00004	0.0002		<0.0002	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)*	0.00002	0.00010		0.0002	mg/L
FQ	Se (Selenio)*	0.00002	0.0001		0.0010	mg/L
FQ	Si (Silicio)*	0.020	0.100		7.20	mg/L
FQ	Sn (Estaño)*	0.00002	0.00010		<0.0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)*	0.0001	0.0004		0.6567	mg/L
FQ	Ti (Titanio)*	0.00004	0.0002		0.0002	mg/L
FQ	Tl (Talio)*	0.000004	0.00002		0.00006	mg/L
FQ	U (Uranio)*	0.000003	0.00002		0.00067	mg/L
FQ	V (Vanadio)*	0.0001	0.0004		0.0051	mg/L
FQ	Zn (Zinc)*	0.001	0.003		0.010	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 :

* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

**Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente):

LC: Límite de cuantificación del método.

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

Demanda Bioquímica de Oxígeno: Max 24 hrs después de la toma de muestra a una T°<6°C. Muestra con más de 24 hrs de tiempo de vida útil .

Coliformes Termotolerantes o Fecales: Max. 8 hrs después de la toma de muestra a una T<8°C, muestra con más de 8 hrs de tiempo de vida útil .

LD: Límite de detección del método.



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° 4173- 2022
PÁGINA 4 DE 4

Aniones (DS 031)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA		UNIDADES
				Agua Subterránea Pozo del Centro Poblado Uquisilla		
FQ	Cloruro (Cl ⁻)*	0.01	0.10		30.17	mg/L
FQ	Fluoruro (F ⁻)*	0.001	0.010		0.030	mg/L
FQ	Nitrato (NO ₃ ⁻)*	0.01	0.10		1.20	mg/L
FQ	Nitrito (NO ₂ ⁻)*	0.002	0.020		3.471	mg/L
FQ	Sulfato (SO ₄ ⁻²)*	0.01	0.10		261.64	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Aniones (DS 031) : Environmental Protection Agency. Method 300.0 Determination of inorganic anions by Ion Chromatography Revision 2.1 August 1993

OBSERVACIONES :

* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

**Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente):

LC: Límite de cuantificación del método.

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

Demanda Bioquímica de Oxígeno: Max 24 hrs después de la toma de muestra a una T° <6°C. Muestra con más de 24 hrs de tiempo de vida útil.

Coliformes Termotolerantes o Fecales: Max. 8 hrs después de la toma de muestra a una T° <8°C, muestra con más de 8 hrs de tiempo de vida útil.

LD: Límite de detección del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 22/08/2022 al 02/09/2022

MB 22/08/2022 al 27/08/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 03/09/2022



Bigo Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI,
identificado con DNI 01342864 en mi condición de egresado de:

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

CIENCIAS DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA

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

“ DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA USO EN

ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EN LAS COMUNIDADES DE QUEATA, CP CARATA,

CUPIRO PAMPA, UQUISILLA, DISTRITO DE COATA, 2021 ”

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 27 de Mayo del 20 24


FIRMA (obligatoria)



Huella



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

Por el presente documento, Yo YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI,
identificado con DNI 01342864 en mi condición de egresado de:

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

CIENCIAS DE LA INGENIERIA AGRICOLA

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

“ DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA USO EN

ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EN LAS COMUNIDADES DE QUEATA, CP CARATA,

CUPIRO PAMPA, UQUISILLA, DISTRITO DE COATA, 2021 ”

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 27 de Mayo del 20 24


FIRMA (obligatoria)

