

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN POR METALES
PESADOS DE LOS MANANTIALES ALTO LUNA, OQORUNI Y CASTILLUMA DE
LA COMUNIDAD DE LUQUINA GRANDE, CHUCUITO - PUNO 2025**

PRESENTADA POR:

ALFREDO PACHO MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2026



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



13.39%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 18 DEC 2025, 12:51 PM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL
5.43%

● CHANGED TEXT
7.95%

Report #30742343

ALFREDO PACHO MAMANI // DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS DE LOS MANANTIALES ALTO LUNA, OQORUNI Y CASTILLUMA DE LA COMUNIDAD DE LUQUINA GRANDE, CHUCUITO - PUNO 2025 RESUMEN El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el grado de contaminación por metales pesados de los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande, distrito de Chucuito – Puno, durante el año 2025. La muestra consistió en 1 litro de agua de cada manantial, obteniéndose un total de tres muestras simples y puntuales, que fueron analizadas para determinar las concentraciones de arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg) y plomo (Pb). Los resultados mostraron que las concentraciones de arsénico oscilaron entre 0.00138 y 0.00164 mg/L, las de cadmio entre 0.00002 y 0.00003 mg/L, las de cromo entre 0.00027 y 0.00035 mg/L, mientras que mercurio y plomo se mantuvieron constantes en 0.00050 mg/L y 0.00020 mg/L, respectivamente. Estas concentraciones son bajas y homogéneas, evidenciando la excelente calidad de los manantiales y reduciendo significativamente el riesgo de efectos tóxicos en la población. Además, los niveles de metales pesados cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del DS-031-2010-SA (arsénico 0.01 mg/L, cadmio 0.003 mg/L, cromo 0.05 mg/L, mercurio 0.001 mg/L, plomo 0.01 mg/L), lo que confirma que los manantiales representan una fuente segura de

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

**DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN POR METALES
PESADOS DE LOS MANANTIALES ALTO LUNA, OQORUNI Y CASTILLUMA DE
LA COMUNIDAD DE LUQUINA GRANDE, CHUCUITO - PUNO 2025**

PRESENTADA POR:

ALFREDO PACHO MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:


PRESIDENTE

:


Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:


M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

SEGUNDO MIEMBRO

:


Mtra. NATALY SILVIA GARCIA VILCA

ASESOR DE TESIS

:


Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: de Ingeniería, Tecnología.

Sub Área de Ingeniería Ambiental.

Línea de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 30 de diciembre del 2025.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, la salud y la fortaleza para culminar esta etapa importante de mi formación profesional.

A mis padres Edilberta y Domingo, quienes, con su amor incondicional, esfuerzo y ejemplo han guiado mi camino y me han brindado el apoyo necesario para alcanzar mis metas.

A mi familia, por su comprensión, paciencia y palabras de aliento en los momentos más difíciles.

Finalmente, a mi comunidad, fuente de inspiración y motivo de este trabajo, con el firme deseo de contribuir a su bienestar y desarrollo sostenible.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos, por abrirme sus puertas y brindarme una formación académica y profesional de calidad, que me permite crecer como persona y futuro profesional comprometido con el desarrollo sostenible de mi región y de nuestro país.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por ser el espacio donde adquirí los conocimientos, habilidades y valores necesarios para afrontar los desafíos de mi vida académica y profesional, así como por impulsar en mí la responsabilidad de cuidar y proteger nuestro medio ambiente.
- A los distinguidos miembros del jurado calificador, quienes con su experiencia, dedicación y exigencia académica enriquecieron este trabajo de investigación:
 - o Presidente: Dra. Marlene Cusi Montesinos.
 - o Primer Miembro: M.Sc. Korina Asqui Gomez.
 - o Segundo Miembro: Mtra. Nataly Silvia Garcia Vilca.
- De manera muy especial, expreso mi más profundo agradecimiento a mi asesor, Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda, por su apoyo incondicional, orientación constante, paciencia y valiosos consejos que fueron fundamentales para la culminación exitosa de este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	15
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	16
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	17
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	20
2.1.1. MANANTIALES	20

2.1.2. CALIDAD DE AGUA	20
2.1.3. METALES PESADOS	21
2.1.4 MERCURIO	22
2.1.5 CROMO	23
2.1.6. PLOMO	24
6.1.7. CONTAMINACIÓN HÍDRICA POR METALES PESADOS	25
2.2. MARCO CONCEPTUAL	25
2.3. MARCO NORMATIVO	27
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	28
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	28
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	28
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	29
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	30
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	30
3.3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.	30
3.3.2. MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	31
3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO	31
3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	32
CAPÍTULO IV	
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS MANANTIALES ALTO LUNA, OQORUNI Y CASTILLUMA DE LA COMUNIDAD DE LUQUINA GRANDE, CHUCUITO - PUNO, 2025.	33

4.2. ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS MANANTIALES ALTO LUNA, OQORUNI Y CASTILLUMA DE LA COMUNIDAD DE LUQUINA GRANDE, CHUCUITO - PUNO, DE ACUERDO A LOS LMP DEL REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL DS-031-2010-SA.	38
4.2.1. NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO DE ACUERDO AL LMP	38
4.2.2. NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE CADMIO DE ACUERDO AL LMP	39
4.2.3. NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE CROMO DE ACUERDO AL LMP	40
4.2.4. NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE MERCURIO DE ACUERDO AL LMP	41
4.2.5. NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO DE ACUERDO AL LMP	42
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	43
4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	44
4.4.1 DE LA HIPÓTESIS GENERAL	44
4.4.2. DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	45
4.4.3. DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	46
CONCLUSIONES	47
RECOMENDACIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Coordenadas de los puntos de muestreo.	30
Tabla 02: Operacionalización de variables.	32
Tabla 03: Valor de las concentraciones de metales pesados en el manantial “Alto Luna”.	33
Tabla 04: Valor de las concentraciones de metales pesados en el manantial “Oqoruni”.	34
Tabla 05: Valor de las concentraciones de metales pesados en el manantial “Castilluma”.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación del distrito de Chucuito en el Departamento de Puno.	29
Figura 02: Ubicación georeferenciada de los puntos de muestreo en Luquina Grande.	30
Figura 03: Comparación de las concentraciones entre los 3 manantiales.	36
Figura 04: Comparación del nivel de Arsénico de acuerdo al LMP.	38
Figura 05: Comparación del nivel de Cadmio de acuerdo al LMP.	39
Figura 06: Comparación del nivel de Cromo de acuerdo al LMP.	40
Figura 07: Comparación del nivel de Mercurio de acuerdo al LMP.	41
Figura 08: Comparación del nivel de Plomo de acuerdo al LMP.	42

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia.	54
Anexo 02: Análisis de Laboratorio del manantial Alto Luna de la comunidad de Luquina Grande.	55
Anexo 03: Análisis de Laboratorio del manantial Oqoruni de la comunidad de Luquina Grande.	56
Anexo 04: Análisis de Laboratorio del manantial Castilluma de la comunidad de Luquina Grande.	57
Anexo 05: LMP del DS 031-2010-SA., para metales pesados.	58
Anexo 06: Galería fotográfica.	59

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el grado de contaminación por metales pesados de los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande, distrito de Chucuito – Puno, durante el año 2025. La muestra consistió en 1 litro de agua de cada manantial, obteniéndose un total de tres muestras simples y puntuales, que fueron analizadas para determinar las concentraciones de arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg) y plomo (Pb). Los resultados mostraron que las concentraciones de arsénico oscilaron entre 0.00138 y 0.00164 mg/L, las de cadmio entre 0.00002 y 0.00003 mg/L, las de cromo entre 0.00027 y 0.00035 mg/L, mientras que mercurio y plomo se mantuvieron constantes en 0.00050 mg/L y 0.00020 mg/L, respectivamente. Estas concentraciones son bajas y homogéneas, evidenciando la excelente calidad de los manantiales y reduciendo significativamente el riesgo de efectos tóxicos en la población. Además, los niveles de metales pesados cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del DS-031-2010-SA (arsénico 0.01 mg/L, cadmio 0.003 mg/L, cromo 0.05 mg/L, mercurio 0.001 mg/L, plomo 0.01 mg/L), lo que confirma que los manantiales representan una fuente segura de agua para consumo humano en cuanto a parámetros inorgánicos. Se concluye que los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma en la comunidad de Luquina Grande (Chucuito – Puno) muestran que las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo se encuentran muy por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el DS-031-2010-SA, confirmando que el agua presenta condiciones seguras y adecuadas para el consumo humano en lo referente a parámetros inorgánicos.

Palabras clave: Agua, Contaminación, Manantiales, Metales pesados.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the degree of heavy metal contamination of the Alto Luna, Oqoruni and Castilluma springs of the Luquina Grande community, Chucuito district – Puno, during the year 2025. The sample consisted of 1 liter of water from each spring, obtaining a total of three simple and point samples, which were analyzed to determine the concentrations of arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr), mercury (Hg) and lead (Pb). The results showed that arsenic concentrations ranged from 0.00138 to 0.00164 mg/L, cadmium from 0.00002 to 0.00003 mg/L, and chromium from 0.00027 to 0.00035 mg/L, while mercury and lead remained constant at 0.00050 mg/L and 0.00020 mg/L, respectively. These low and consistent concentrations demonstrate the excellent quality of the springs and significantly reduce the risk of toxic effects on the population. Furthermore, the levels of heavy metals comply with the Maximum Permissible Limits (MPL) of DS-031-2010-SA (arsenic 0.01 mg/L, cadmium 0.003 mg/L, chromium 0.05 mg/L, mercury 0.001 mg/L, lead 0.01 mg/L), confirming that the springs represent a safe source of drinking water with respect to inorganic parameters. It is concluded that the Alto Luna, Oqoruni, and Castilluma springs in the community of Luquina Grande (Chucuito – Puno) show that the concentrations of arsenic, cadmium, chromium, mercury, and lead are well below the maximum permissible limits established in DS-031-2010-SA, confirming that the water presents safe and suitable conditions for human consumption with respect to inorganic parameters.

Keywords: Water, Pollution, Springs, Heavy metals.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como finalidad determinar el grado de contaminación generado por la presencia de metales pesados como mercurio (Hg), cromo (Cr) y plomo (Pb) en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma, ubicados en la comunidad de Luquina Grande del distrito de Chucuito – Puno. Para ello, los resultados obtenidos serán comparados con los estándares establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Asimismo, esta investigación pretende aportar a la comunidad científica mediante la generación de una base de datos que constituya una herramienta técnica e informativa, útil para comunicar la situación actual de los recursos hídricos de la zona de estudio a la población afectada. Estos datos, a su vez, servirán como sustento para implementar programas e instrumentos de gestión orientados a la protección de la salud pública, del medio ambiente y de los ecosistemas acuíferos.

En la zona de estudio, el agua de los manantiales es utilizada directamente para el consumo humano y para actividades agrícolas sin ningún tratamiento previo. Según los pobladores, ancestralmente estas fuentes siempre han sido consideradas como puras, lo cual ha propiciado su uso continuo. Sin embargo, esta práctica representa un riesgo significativo, ya que el consumo de agua contaminada por metales pesados puede derivar en problemas de salud, la contaminación de cultivos a través del riego, así como la afectación de la cadena trófica por la exposición y uso de este recurso hídrico.

A nivel internacional, el agua es reconocida como un recurso vital para la vida y las actividades humanas, siendo imprescindible garantizar que su calidad esté dentro de parámetros adecuados que permitan un consumo seguro. La presencia de metales pesados en fuentes de agua, en gran parte originada por actividades antropogénicas, provoca serios impactos ambientales, altera la calidad de las cuencas e intercuencas, y ocasiona efectos negativos sobre los ecosistemas acuáticos y la salud de las poblaciones.

En este sentido, la presente investigación adquiere relevancia al evaluar de manera científica y técnica el grado de contaminación de los manantiales de Luquina Grande, con

el propósito de ofrecer información confiable que contribuya a la toma de decisiones y a la formulación de políticas de gestión hídrica sostenibles.

El desarrollo del presente documento ha sido dividido en los siguientes apartados:

- **Capítulo I:** Se expone el problema de investigación, citando información relevante, antecedentes internacionales, nacionales y locales, además de los objetivos del estudio.
- **Capítulo II:** Se presenta el marco teórico y conceptual, así como la normatividad nacional vigente relacionada con la investigación, para finalmente formular las hipótesis de trabajo.
- **Capítulo III:** Se describe la metodología utilizada, la zona de estudio, la población y muestra, así como los métodos estadísticos aplicados en la investigación.
- **Capítulo IV:** Se presentan, analizan e interpretan los resultados obtenidos.

Finalmente, se cierran los apartados con las conclusiones, donde se expresan las principales apreciaciones derivadas de la investigación, así como recomendaciones orientadas a futuras acciones y estudios relacionados con la calidad de los recursos hídricos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial la contaminación que causa los metales pesados en el agua comprometen el acceso a alimentos en cantidad suficiente, segura y nutritiva, y a la vez la salud en el mundo, como Pb, Hg, As y Cd que se van bioacumulando en el cuerpo humano, ingresando por contacto, consumo e inhalación. Encontrándose cada vez más metales pesados en aguas contaminadas a raíz de las actividades del hombre y también proveniente naturalmente; estos al ingresar en el cuerpo humano, afectan los órganos vitales y modifican la estructura del ADN, alteraciones que producen diferentes tipos de cáncer, producto de la experimentación en animales y hallazgos en humanos, evidenciándose que los individuos expuestos a residuos peligrosos como Pb, Cd y As, presentan una alta prevalencia de intoxicación en sitios contaminados con desechos metalúrgicos, aguas residuales y escorrentía agrícola (Calero, 2023).

A nivel nacional se ha observado un aumento significativo de la contaminación de los recursos hídricos e impactos directos en el medio ambiente, lo cual se debe a una mala gestión ambiental en la explotación de Minerales de empresas que no están comprometidas con el medio ambiente de poblaciones cercanas que se encuentren dentro del ámbito de influencia de esta actividad, esto conduce a cambios en la calidad del agua, degradación y daños ambientales en la salud pública humana (Vilca, 2022).

La contaminación del agua con metales pesados en altas concentraciones, como: Pb, Fe, Cu, Zn, As, Cr, Cd, Mg y algunos reactivos químicos asociados a procesos tecnológicos

provenientes de plantas de enriquecimiento, no es susceptible ni siquiera de una quimio-remediación ni de una bio-remediación en el corto plazo, lo que resulta en un grado alarmante de toxicidad para humanos y animales (Quispe, 2019).

En el distrito de Chucuito de la provincia de Puno y departamento del mismo nombres se encuentra ubicada la comunidad de Luquina Grande, pues en dicha comunidad existen tres manantiales de donde los comuneros vienen consumiendo agua desde siempre, tal como refieren los mismo comuneros, dichos manantiales son: Alto Luna, Oqoruni y Castilluma, pues éstos manantiales, si bien se han realizado análisis de agua a nivel de parámetros físico químicos y bacteriológicos, nunca se han hecho para metales pesados, debe entenderse que la comunidad en mención queda cerca a orilla del Lago Titicaca pero el agua que se consume es netamente de solo los manantiales, es por ello que los pobladores tienen la preocupación de saber las condiciones a niveles de metales pesados en la que se encuentran dichos manantiales, por lo que nos planteamos las siguientes preguntas.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el grado de contaminación por metales pesados de los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande del distrito de Chucuito - Puno, 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande, Chucuito - Puno 2025?
- ¿Cumplirán los niveles de concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande, Chucuito - Puno, con los LMP del reglamento de la calidad del agua para consumo humano del DS-031-2010-SA.?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Brito (2022), desarrolló un estudio con el propósito de evaluar la presencia de contaminación por metales pesados en el río Cuchipamba, ubicado en la provincia de Morona Santiago, a través de análisis fisicoquímicos aplicados al agua. Para ello, se tomaron muestras en diferentes puntos del río, realizando mediciones tanto in situ como ex situ, además de exámenes de laboratorio enfocados en determinar las concentraciones de arsénico, mercurio y plomo. Los resultados evidenciaron que, específicamente en el punto PM-04, durante los meses de noviembre, diciembre y enero, se registraron niveles de plomo que superaban el límite máximo permitido de 0,001 mg/L establecido por la normativa legal vigente. En concreto, las concentraciones detectadas fluctuaron entre 0,004 y 0,0046 mg/L. Se concluyó que el río presenta contaminación, lo cual representa un riesgo ambiental significativo para el ecosistema acuático y la salud humana.

Mancilla (2023), buscó analizar la presencia de metales pesados, tanto en cuerpos de agua como en macroinvertebrados acuáticos, además de evaluar parámetros fisicoquímicos como el pH, la conductividad eléctrica (CE) y el caudal, en subcuencas y canales principales. El trabajo de campo se llevó a cabo en dos momentos estacionales contrastantes: durante la época de lluvias en 2015 y la temporada seca de 2016, abarcando 18 puntos distribuidos en la región Cuenca. En cuanto al agua superficial, se observó que en el 60 % de los sitios analizados las concentraciones de mercurio y plomo sobrepasaban los valores máximos aceptables establecidos para aguas naturales (0,02 y 0,0015 mg/L respectivamente). En el caso de los macroinvertebrados, seis de los metales analizados superaron los límites permisibles en el 65 % de los sitios muestreados, con niveles especialmente elevados de mercurio (7,07 mg) y arsénico (5,19 mg), lo que evidencia una bioacumulación significativa y un riesgo potencial para la cadena trófica acuática.

Zambrano (2024), desarrolló una investigación enfocada en medir las concentraciones de los metales pesados en la microcuenca del río Jipijapa, mediante un enfoque mixto que

combinó trabajo de campo con análisis documental. Las muestras fueron tomadas en tres sectores representativos de la cuenca, parte alta, media y baja, a fin de obtener una visión integral del comportamiento de estos contaminantes. En los análisis, el arsénico fue el único metal detectado, con valores que variaron desde 0,0037 mg/L hasta 0,0411 mg/L, siendo este último el más elevado y registrado en la estación P2 durante el segundo muestreo. En cambio, los niveles de cadmio, mercurio y plomo resultaron ser indetectables (0,00 mg/L), lo que sugiere una ausencia de estos elementos en el momento del estudio. Los resultados obtenidos se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por la normativa ambiental ecuatoriana, lo que indica una condición relativamente controlada en cuanto a la presencia de metales pesados, con la excepción de ciertos valores de arsénico que podrían merecer un monitoreo continuo.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Vasquez (2022), llevó a cabo un estudio orientado a identificar la presencia de metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu, ubicada en la ciudad de Huancavelica. La investigación se enmarcó en un enfoque básico, con un nivel descriptivo y un diseño no experimental de tipo transeccional. Se realizó un muestreo en cinco puntos específicos del cauce del río. Los análisis revelaron concentraciones de arsénico que oscilaron entre 0,0051 y 0,0066 mg/L, mientras que los niveles de cadmio, cromo y mercurio se mantuvieron por debajo de los valores detectables estándar (<0,0004 mg/L, <0,02 mg/L y <0,001 mg/L, respectivamente). Por su parte, el plomo se encontró en un rango entre 0,0004 y 0,0048 mg/L. A partir de estos resultados, se concluyó que las concentraciones de cadmio, cromo y mercurio superan los valores máximos establecidos, lo que representa una preocupación ambiental. No obstante, el arsénico y el plomo se mantuvieron dentro de los límites aceptados por la normativa nacional vigente.

García (2020), midió la concentración de metales pesados en el agua potable de comunidades rurales de la región Tumbes y las comparó con las concentraciones presentes en el agua superficial del río Tumbes. Para ello, se recolectaron muestras durante la estación seca tanto en puntos de captación como en domicilios, las cuales

fueron analizadas mediante espectroscopía de emisión atómica, aplicando el método del horno de grafito para mayor precisión. Los elementos evaluados fueron cadmio, cromo y plomo. Los resultados indicaron una elevada presencia de plomo en el agua del río, mientras que el cadmio y el cromo presentaron niveles más bajos. Sin embargo, se observó que el plomo también estaba presente en concentraciones preocupantes en el agua destinada al consumo humano, lo cual genera una alerta respecto a la calidad del servicio de abastecimiento en estas zonas rurales, ya que representa un riesgo potencial para la salud de la población.

Delgado y Zavala (2021), analizaron la concentración de cuatro metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en fuentes de agua destinadas al consumo humano en distintas provincias del departamento de Arequipa. Utilizando un enfoque mixto de carácter descriptivo, cuantitativo y cualitativo, con un diseño no experimental y un método inductivo, examinaron diversas muestras obtenidas en diferentes localidades. Los resultados mostraron que muchas de las concentraciones detectadas superaban los límites establecidos por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. del MINSA y por los estándares de la OMS. Por ejemplo, en la provincia de Arequipa se registraron niveles de arsénico de 0,0288 mg/L y de plomo de 0,005 mg/L; en Camaná, el plomo alcanzó los 0,056 mg/L; y en Caravelí, el mercurio alcanzó los 0,0699 mg/L, uno de los valores más altos del estudio. La provincia de Islay presentó una alarmante concentración de arsénico (0,10534 mg/L), además de niveles elevados de cadmio y plomo. Estos resultados evidencian la existencia de una problemática significativa de contaminación en el agua de consumo humano en diversas zonas del departamento, lo que representa un riesgo serio para la salud pública.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

León (2020), llevó a cabo un análisis de la calidad del agua en el Centro Poblado de Huacani Pomata, con el objetivo de determinar su aptitud para el consumo humano, riego agrícola y uso en bebida de animales, de acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Para ello, se recolectaron cinco muestras de agua y se aplicó la metodología EPA 200.7, basada en espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado

inductivamente (ICP-OES), técnica utilizada para detectar metales totales y elementos traza. El análisis reveló que las concentraciones promedio de metales como arsénico (0,00232 mg/L), bario (0,029 mg/L), hierro (0,4442 mg/L) y manganeso (0,0469 mg/L), entre otros, se mantenían dentro de los rangos permisibles según los estándares del D.S. N°004-2017-MINAM, la OMS (1995) y la EPA (2003). En base a estos resultados, se concluyó que el agua del lugar es adecuada para los usos evaluados, ya que no representa un riesgo para la salud humana ni para las actividades agrícolas o ganaderas.

Vilca (2022), evaluó las aguas superficiales del río Lampa durante el año 2021, con el fin de verificar si estas cumplían con los criterios establecidos por los ECA para agua de categoría 3, destinada al riego de hortalizas y al consumo animal. Se tomaron muestras en cinco puntos estratégicos, utilizando análisis de laboratorio especializados con espectrometría de masas mediante plasma acoplado inductivamente. Los valores promedio obtenidos fueron de 0,0002 mg/L para el mercurio y de 0,0030 mg/L para el plomo, lo que indica que ambos metales se encuentran por debajo de los límites máximos permitidos por la normativa ambiental vigente. En consecuencia, se concluyó que, aunque es necesario seguir monitoreando, las aguas del río Lampa no presentan un nivel preocupante de contaminación por estos metales pesados.

Espinoza (2022), enfocó su investigación en la evaluación de metales pesados en suelos agrícolas y aguas de la subcuenca del río Llallimayo, en Puno, con especial atención a la calidad del agua en relación con los valores establecidos por el D.S. N° 004-2017-MINAM. El estudio se realizó en los meses de julio y noviembre de 2020, recogiendo muestras tanto aguas arriba como aguas abajo del río Chacapalca. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos, así como una amplia gama de metales pesados. También se analizaron coliformes totales y termotolerantes. Los resultados mostraron niveles elevados de pH (9,7) y conductividad (2674 $\mu\text{S}/\text{cm}$), así como concentraciones de varios metales que exceden los valores permitidos para usos agrícolas y ganaderos. Se concluyó que el vertimiento de aguas residuales de origen minero es la principal causa de esta contaminación, afectando

negativamente la calidad del agua para riego, bebida de animales y eventualmente para consumo humano.

Cornejo (2023), centró su investigación en evaluar la contaminación por metales tóxicos en los sedimentos del río Coata, desde su cauce hasta su desembocadura en el lago Titicaca, Perú. Se realizó muestreo en cinco estaciones durante dos épocas del año, utilizando una técnica de muestreo simple. Las concentraciones de metales como arsénico (0,80 a 14,90 mg/kg), cadmio (0,10 a 0,70 mg/kg), mercurio (0,004 a 0,30 mg/kg) y cromo (4,10 a 28,41 mg/kg) fueron comparadas con los Estándares Ecológicos de Sedimentos (TEL y SESS), revelando que la mayoría de estos superaban los niveles de referencia, especialmente en el caso del arsénico y el mercurio. El estudio identificó que estos contaminantes tienen un origen tanto natural (litogénico) como humano (antropogénico), lo cual indica que las actividades industriales y mineras en la zona están contribuyendo significativamente a la acumulación de metales tóxicos en el lecho del río.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el grado de contaminación por metales pesados de los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande, Chucuito - Puno 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande, Chucuito - Puno, 2025.
- Analizar los niveles de concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande, Chucuito - Puno, de acuerdo a los LMP del reglamento de la calidad del agua para consumo humano del DS-031-2010-SA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. MANANTIALES

Los manantiales son afloramientos naturales de agua subterránea que emergen a la superficie por la presión interna o por las características del relieve, como en laderas o zonas bajas del terreno (Rodríguez et al., 2003). En contextos rurales, representan una de las principales fuentes de abastecimiento hídrico debido a su disponibilidad directa y al hecho de que, en muchos casos, solo requieren un proceso básico de desinfección antes de ser consumidos. Esta simplicidad en el tratamiento reduce significativamente los costos operativos. Sin embargo, cuando no se realiza un mantenimiento adecuado, la calidad del agua puede verse comprometida, afectando su aptitud para el consumo humano (Brousett et al, 2018).

2.1.2. CALIDAD DE AGUA

El agua debe ser apta en los distintos ámbitos de la vida humana, para eso tiene que ajustarse a determinados parámetros de calidad que varían según su propósito. De esta forma, el nivel de exigencia no será igual si se destina al consumo humano, al riego agrícola o a usos recreativos. Esta calidad puede alterarse por causas naturales o por la intervención de actividades humanas que generan contaminación y deterioro del recurso (Falcón, 2021).

Desde el enfoque de la gestión hídrica, la calidad del agua se entiende como la capacidad del recurso para cumplir con las funciones esenciales que requiere cada uso específico. Por ello, el agua destinada a beber, al contacto recreativo o a la preservación de

ecosistemas acuáticos debe mantener altos niveles de pureza. En contraste, ciertos sectores como el industrial pueden operar con requisitos más flexibles, limitándose al cumplimiento de estándares mínimos según la normativa vigente (Vilca, 2022).

2.1.2.1. Usos del agua

El agua dulce es necesaria para cubrir las necesidades humanas fundamentales, y su escasez existente en la actualidad, hace urgente fomentar un uso responsable y eficiente de los recursos hídricos. En respuesta a esta situación, el Estado ha establecido lineamientos mediante la Ley de Recursos Hídricos, la cual clasifica el uso del agua en tres categorías principales (Congreso de la República, 2009).

a) Uso primario

Este tipo de uso implica el aprovechamiento directo del agua proveniente de manantiales naturales o canales públicos, sin necesidad de infraestructura compleja. Está orientado a cubrir necesidades básicas como el consumo directo, la preparación de alimentos y la higiene personal, que requieren el uso del agua en su estado más puro.

b) Uso poblacional

Se refiere al suministro de agua tratada, proveniente de fuentes o redes públicas, destinada al consumo cotidiano de la población. Este tipo de uso busca garantizar el acceso seguro al agua para actividades esenciales como cocinar, beber o mantener hábitos de higiene, y requiere una autorización formal otorgada por la Autoridad Nacional.

c) Uso productivo

Este uso corresponde al empleo del agua en actividades económicas, principalmente en procesos industriales, agrícolas o comerciales. Para acceder al recurso con fines productivos, es necesario contar con un derecho de uso otorgado por la Autoridad Nacional, quien regula y supervisa su aplicación para asegurar su sostenibilidad.

2.1.3. METALES PESADOS

En la tabla periódica, los metales pesados se definen como elementos químicos que presentan una alta densidad (mayor a 4 g/cm^3), así como un peso y una masa atómica elevados (generalmente superiores a 20), y que resultan tóxicos incluso en

concentraciones muy pequeñas. La contaminación de cuerpos de agua con metales pesados representa actualmente uno de los principales desafíos ambientales a nivel global, debido a su capacidad de envenenar fuentes hídricas utilizadas para el abastecimiento humano, especialmente en ciudades que dependen de ríos contaminados (Pabón, 2020).

Estos metales deterioran la calidad del agua y suelen tener su origen en actividades industriales y mineras cercanas, cuyo impacto varía según el volumen de minerales procesados, el tipo de tecnología empleada, el tamaño de la operación y el manejo de los residuos generados. Además, otros factores como los vertimientos provenientes de zonas urbanas o actividades militares contribuyen a su presencia. Una vez en el entorno acuático, los metales pesados tienden a adherirse a los sedimentos del lecho fluvial, donde se acumulan y, con el tiempo, pueden liberarse nuevamente, aumentando su toxicidad. Este proceso incrementa el riesgo de absorción por organismos acuáticos, favoreciendo su bioacumulación y representando una amenaza directa para la vida silvestre y humana (Calero, 2023).

2.1.4 MERCURIO

El mercurio es un metal pesado que ha sido ampliamente utilizado en productos cotidianos como termómetros, lámparas de bajo consumo, interruptores eléctricos y otros dispositivos. Su uso intensivo a lo largo del tiempo ha contribuido significativamente al aumento de su presencia en el ambiente. De acuerdo con datos de la OMS, la concentración de mercurio atmosférico se ha multiplicado por seis desde el inicio de la industrialización moderna (García & Zeta, 2020).

2.1.4.1. Efectos en el Medio Ambiente

En los ecosistemas acuáticos, el mercurio puede transformarse en metilmercurio, una forma altamente tóxica que se genera mediante procesos biológicos realizados por microorganismos en condiciones tanto oxigenadas como sin oxígeno. Esta sustancia se acumula en los organismos que habitan los cuerpos de agua, y a medida que asciende en la cadena trófica, su concentración se incrementa. Esto provoca alteraciones en la fauna

acuática y pone en riesgo a especies depredadoras, incluidos los seres humanos (Mere & Ccapa, 2021).

2.1.4.2. Efectos en la Salud

El contacto con mercurio, especialmente en sus formas más tóxicas como el metilmercurio, puede generar serios daños al sistema nervioso central. Enfermedades como la esclerosis, el Parkinson y el Alzheimer han sido relacionadas con exposiciones prolongadas. Los niños son particularmente sensibles, ya que su organismo en desarrollo es más vulnerable a los efectos neurotóxicos. La exposición puede provocar retrasos en el aprendizaje, problemas de conducta, déficit de atención y alteraciones en el desarrollo cognitivo y emocional (Torre, 2020).

2.1.5 CROMO

El cromo es un metal que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre y está presente en distintos minerales, siendo la cromita su principal fuente industrial. Este elemento puede adoptar diversos estados de oxidación, aunque en condiciones ambientales predominan principalmente los estados 0, +3 y +6. Mientras que el cromo trivalente (Cr III) es considerado esencial en pequeñas cantidades para el metabolismo humano, el cromo hexavalente (Cr VI) es altamente tóxico y representa una seria amenaza para la salud y el ambiente. Debido a su capacidad para generar daños celulares y mutaciones genéticas, el interés científico en sus efectos ha crecido considerablemente (Vaiopoulou & Gikas, 2020).

2.1.5.1. Efectos en el Medio Ambiente

En ambientes acuáticos, el Cr VI se encuentra en forma disuelta, lo que le permite desplazarse fácilmente a través del agua. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, puede reducirse a Cr III en presencia de compuestos como materia orgánica, sulfuros o amonio. Esta forma trivalente tiende a ser menos móvil, ya que precipita y se fija en los sedimentos del fondo o en partículas suspendidas. A pesar de esto, ambos estados del cromo pueden bioacumularse en organismos acuáticos, siendo especialmente frecuentes en peces

bentónicos, es decir, aquellos que habitan cerca del lecho de los ríos o lagos (Chávez, 2010).

2.1.5.2. Efectos en la Salud

El cromo III, en pequeñas dosis rara vez representa un riesgo para la salud, aunque puede causar irritaciones leves si entra en contacto con ojos o vías respiratorias. Por el contrario, el cromo VI es reconocido por sus efectos severos sobre la salud humana. Puede ingresar al cuerpo por inhalación, ingestión o contacto con la piel, provocando desde alergias cutáneas hasta lesiones respiratorias y sangrado nasal. Su exposición prolongada ha sido vinculada con daños en órganos como el hígado y los riñones, alteraciones genéticas, debilitamiento del sistema inmunológico e incluso cáncer pulmonar, lo que lo convierte en una de las formas más peligrosas de contaminación metálica (Montoya, 2010).

2.1.6. PLOMO

El plomo es un metal pesado que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre y ha sido ampliamente utilizado en diversas industrias. A pesar de sus múltiples aplicaciones, su persistencia en el medio ambiente representa un riesgo significativo, ya que no se degrada y puede permanecer por largos periodos en el aire, el agua y el suelo (Calsin, 2020).

2.1.6.1. Efectos en el Medio Ambiente

El plomo es considerado uno de los contaminantes más peligrosos para el entorno natural. Su liberación al ambiente está asociada principalmente a actividades humanas y una vez liberado, se dispersa fácilmente y contamina suelos, cuerpos de agua y la atmósfera, afectando tanto a la biodiversidad como a los ecosistemas acuáticos y terrestres (Méndez, 2009).

2.1.6.2. Efectos en la Salud

Desde una perspectiva médica, el plomo es una sustancia altamente tóxica que puede afectar múltiples órganos y sistemas del cuerpo humano. Su exposición crónica puede dañar el sistema nervioso, los riñones, el sistema hematológico, el aparato digestivo y el sistema cardiovascular. En los niños, la exposición a bajos niveles puede ocasionar

alteraciones graves en el desarrollo neurológico, problemas de aprendizaje y conducta, y daños irreversibles en el cerebro (OPS/OMS, 2020).

Este metal puede ingresar al organismo a través de la inhalación, la ingesta o el contacto dérmico, y tiene la capacidad de atravesar la placenta, llegar al cerebro y estar presente en la leche materna. Una vez absorbido, el plomo se distribuye en distintos tejidos y sólo una fracción se elimina por la orina. Entre los órganos más afectados están la médula ósea, provocando anemia por deficiencia de hierro y el sistema nervioso central donde interfiere con funciones enzimáticas y proteicas fundamentales (Rodríguez, 2018).

6.1.7. CONTAMINACIÓN HÍDRICA POR METALES PESADOS

La presencia de metales pesados y materia orgánica suspendida en los cuerpos de agua genera serias consecuencias tanto para los ecosistemas como para las comunidades humanas. Esta forma de contaminación reduce la disponibilidad de agua apta para el consumo, genera conflictos entre usuarios del recurso hídrico y deteriora profundamente la calidad de vida de las personas. Uno de los factores más preocupantes es el impacto de la actividad minera, esta dinámica afecta directamente la biodiversidad acuática y la capacidad de regeneración de los ecosistemas, poniendo en riesgo el equilibrio natural y la salud pública (Mere & Ccapa, 2021).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Agua: Es un recurso fundamental para la existencia de los seres vivos. Su papel es esencial en la regulación de los ecosistemas, el equilibrio climático y el desarrollo sostenible. Por su valor estratégico, se considera un elemento vital para la seguridad ambiental y nacional.

Calidad del Agua: Hace referencia al estado general del agua en función de su aptitud para ser utilizada con fines determinados. Esta calidad está influenciada por las características físicas, químicas y biológicas del cuerpo de agua, así como por su comportamiento hidrológico.

Concentración: Es la medida que indica cuánta cantidad de una sustancia se encuentra disuelta o presente en otra. Se expresa comúnmente como la proporción de un componente químico en distintos medios como suelo, aire, alimentos, etc.

Contaminación del agua: Proceso mediante el cual el agua pierde sus propiedades naturales como resultado de la incorporación de agentes externos, ya sean físicos, químicos o biológicos. Esta alteración la convierte en un recurso no apto para el consumo humano, la agricultura, la industria o los ecosistemas.

Contaminante: Es cualquier sustancia, compuesto químico, organismo o forma de energía que, al ingresar o liberarse en el medio ambiente, altera su equilibrio natural. Los contaminantes deterioran la calidad del aire, agua o suelo, y representan un riesgo directo o indirecto para la salud humana y la biodiversidad.

Manantial. Es una fuente natural de agua subterránea que aflora a la superficie debido a la presión y a la forma del terreno. Suelen encontrarse en áreas rurales y son una de las principales fuentes de abastecimiento hídrico para estas poblaciones (Rodríguez et al., 2003).

Monitoreo. Consiste en la observación sistemática y continua de las condiciones ambientales mediante la recolección y análisis de datos. En el ámbito del agua, permite identificar contaminantes, evaluar riesgos y comprobar el cumplimiento de normas ambientales.

Límites Máximos Permisibles: Son los valores máximos aceptables de concentración de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en vertimientos, emisiones o cuerpos receptores. Están establecidos por normativas legales como el D.S. 031-2010-SA., con el fin de proteger la salud humana y el ambiente (MINAM, 2018).

Grado: Hace alusión al nivel o intensidad con que una cualidad se manifiesta. Puede indicar un estado de mayor o menor presencia, eficacia o daño en relación con un objetivo o parámetro determinado.

Metal Pesado: Son elementos químicos que se caracterizan por tener una alta densidad y peso atómico. Muchos de ellos, como el plomo, el mercurio y el cadmio, son altamente

tóxicos cuando se acumulan en el ambiente o en los organismos vivos. Su peligrosidad radica en su capacidad de persistencia, bioacumulación y toxicidad incluso en concentraciones bajas.

Riesgo: Es la probabilidad de que un agente contaminante cause un efecto negativo en la salud humana o en el ambiente, considerando factores como su nivel de exposición, concentración, toxicidad y la vulnerabilidad del receptor. El riesgo no solo depende del contaminante, sino también del contexto en que se presenta.

Toxicidad: Es la propiedad de una sustancia para generar efectos adversos en un organismo vivo. Esta capacidad puede manifestarse de forma aguda o crónica, dependiendo de la dosis, el tiempo de exposición y la vía por la que el contaminante entra en contacto con el organismo.

2.3. MARCO NORMATIVO

- **Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.** Establece los valores límites permitidos para parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el agua destinada al consumo humano. Incluye concentraciones máximas específicas para metales pesados como el mercurio (Hg), plomo (Pb) y cromo (Cr). Este reglamento constituye la norma principal para evaluar si el agua destinada a la población cumple con los criterios sanitarios establecidos en el Perú.
- **Ley General del Ambiente - Ley N.º 28611.** Es la norma base del sistema jurídico ambiental peruano. Define los principios rectores y establece derechos, deberes y responsabilidades en relación con la protección del ambiente, la salud de las personas y el uso sostenible de los recursos naturales, incluyendo el agua. También regula el control de la contaminación como parte de una gestión ambiental integral.
- **Ley de Recursos Hídricos - Ley N.º 29338.** Norma que regula el aprovechamiento integral, sostenible y equitativo del agua a nivel nacional. Reconoce su importancia como recurso natural vital y estratégico, y establece obligaciones en torno al monitoreo

y preservación de su calidad, especialmente en cuerpos de agua como ríos, manantiales y lagos.

- **Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua).** Define los niveles máximos de contaminantes aceptables en cuerpos de agua naturales para proteger la salud pública y los ecosistemas acuáticos. Aunque los ECA no tienen carácter sancionador como los LMP, funcionan como una herramienta de referencia clave para evaluar el estado ambiental del recurso hídrico.
- **RESOLUCIÓN JEFATURAL N°010-2016-ANA “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”.** Documento técnico normativo que estandariza los procedimientos para la toma, preservación, transporte y análisis de muestras de agua en fuentes naturales. Su objetivo es asegurar que los resultados del monitoreo sean representativos y confiables, fortaleciendo la vigilancia y gestión de la calidad hídrica a nivel nacional.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

El grado de contaminación por metales pesados de los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande del distrito de Chucuito - Puno, es alto.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande del distrito de Chucuito - Puno, es alta.
- Los niveles de concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande del distrito de Chucuito - Puno, no cumplen con los LMP del reglamento de la calidad del agua para consumo humano del DS 031-2010-SA.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

Los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande se ubican en el distrito de Chucuito, provincia de Puno y se encuentran ubicados íntegramente dentro de la región de Puno.

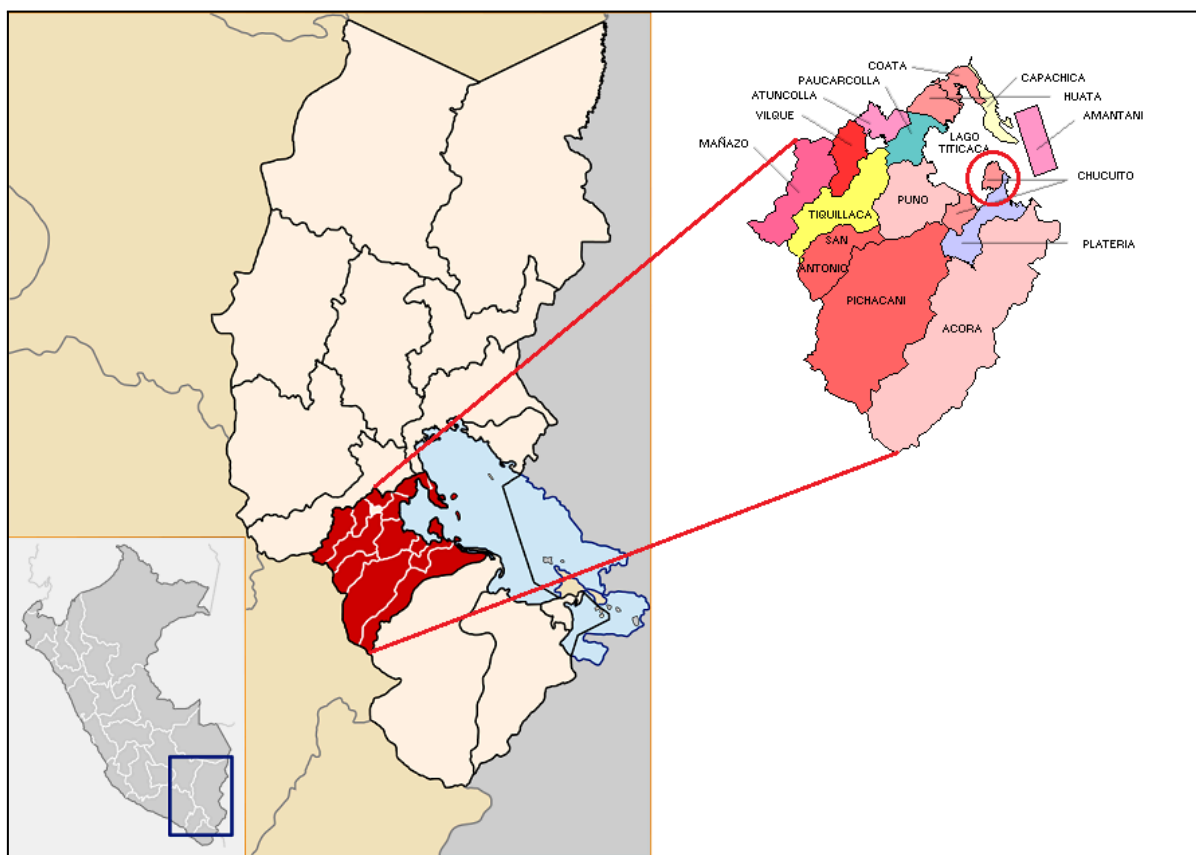


Figura 01: Ubicación del distrito de Chucuito en el Departamento de Puno.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Puno

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población estaba constituida por el agua de los tres manantiales: Alto Luna, Oqoruni y Castilluma.

Las muestras fueron simples y puntuales, igual a 03 muestras, específicamente 1 litro de agua de cada manantial.

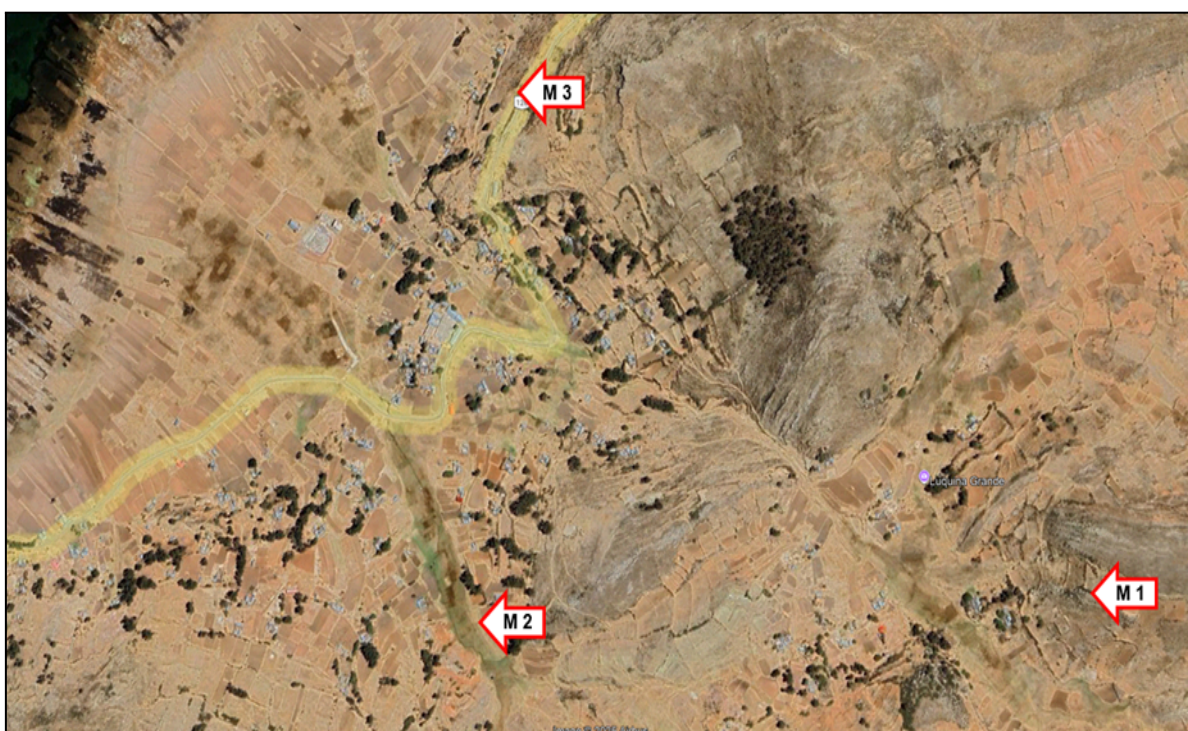


Figura 02: Ubicación georeferenciada de los puntos de muestreo en Luquina Grande.

Fuente: Google Earth Pro

Tabla 01: Coordenadas de los puntos de muestreo.

DENOMINACIÓN DE LA MUESTRA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
M1 : Manantial de Alto Luna	-15.7991833	-69.8204233
M2 : Manantial de Oqoruni	-15.800445	-69.8277433
M3 : Manantial de Castilluma	-15.7978733	-69.8275033

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

- Tipo: Descriptivo.

- Diseño: No experimental.

3.3.2. MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se tuvo en cuenta la metodología para la toma de muestras establecida en el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”, aprobado mediante resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, y especificaciones para muestreo enviadas por parte del Laboratorios acreditado por INACAL.

3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO

Objetivo específico 1: Determinar la concentración de Mercurio (Hg), Cromo (Cr) y Plomo (Pb) en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma

Se aplicó el procedimiento establecido en la **RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 010-2016-ANA**, “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”, el cual contempla las siguientes fases:

- Selección y codificación de los puntos de muestreo.
- Preparación y verificación de materiales, frascos y equipos.
- Uso obligatorio de Equipos de Protección Personal (EPP).
- Rotulado, etiquetado y registro del punto de muestreo.
- Recolección de muestras con frascos proporcionados por el laboratorio acreditado.
- Preservación de muestras en coolers con hielo, asegurando una temperatura de aproximadamente 6 °C.
- Llenado de la cadena de custodia conforme al protocolo oficial (Anexo 03: Cadena de custodia).
- Transporte al laboratorio acreditado, dentro de las 48 horas posteriores a la recolección.

Las muestras fueron enviadas para análisis de metales pesados mediante técnicas como espectrometría de absorción atómica o espectrometría de masas.

Objetivo específico 2: Analizar los niveles de Mercurio, Cromo y Plomo en relación a los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 031-2010-SA.

Los resultados obtenidos del laboratorio fueron sistematizados y comparados con los LMP establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – D.S. N° 031-2010-SA., para evaluar el grado de cumplimiento de los estándares sanitarios nacionales. Se efectuó un análisis descriptivo y comparativo de los datos, utilizando tablas y gráficos para visualizar las concentraciones registradas en cada manantial.

Instrumentos

- Resultados de laboratorio.
- Software de análisis estadístico (Excel y/o SPSS).
- Tablas normativas de LMP para metales pesados.

3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 02. Operacionalización de variables.

VARIABLES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA DE MEDICIÓN	CATEGORÍA O VALORES
V. D. Grado de Contaminación de manantiales.	LMP del Reglamento de la calidad del agua para consumo humano.	Cumplimiento	Nominal	Cumple/No cumple
V. I. Metales pesados	Concentración de: Arsénico (As) Cadmio (Cd) Cromo (Cr) Mercurio (Hg) Plomo (Pb)	mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L	Ordinal	Valores

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS MANANTIALES ALTO LUNA, OQORUNI Y CASTILLUMA DE LA COMUNIDAD DE LUQUINA GRANDE, CHUCUITO - PUNO, 2025.

Tabla 03: Valor de las concentraciones de metales pesados en el manantial “Alto Luna”.

METALES PESADOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
Arsénico	As	mg/L	0.00164
Cadmio	Cd	mg/L	0.00002
Cromo	Cr	mg/L	0.00027
Mercurio	Hg	mg/L	0.00050
Plomo	Pb	mg/L	0.00020

Fuente: En base a los resultados del anexo 02.

Los resultados mostrados en la Tabla 03, obtenidos en el manantial Alto Luna muestran que las concentraciones de metales pesados son bajas para todos los parámetros analizados. El arsénico presenta el valor más elevado (0.00164 mg/L), lo cual es una condición frecuente en fuentes de agua de zonas altoandinas debido al aporte de minerales presentes en el subsuelo. En segundo lugar, se encuentra el mercurio (0.00050 mg/L), seguido del cromo (0.00027 mg/L) y del plomo (0.00020 mg/L), los cuales mantienen valores reducidos y característicos de cuerpos de agua sin descargas industriales directas. Finalmente, el cadmio registra la menor concentración (0.00002

mg/L), lo cual confirma la baja presencia de este metal en fuentes naturales donde no se desarrollan actividades industriales o agrícolas intensivas.

En conjunto, estos resultados indican que el manantial no presenta niveles significativos de contaminación por metales pesados y puede considerarse como una fuente de agua con condiciones ambientales favorables. No obstante, la presencia simultánea de varios metales sugiere la necesidad de mantener un monitoreo continuo, considerando el potencial de bioacumulación y los posibles cambios ambientales o antrópicos que podrían modificar su concentración en el futuro.

Tabla 04: Valor de las concentraciones de metales pesados en el manantial “Oqoruni”.

METALES PESADOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
Arsénico	As	mg/L	0.00138
Cadmio	Cd	mg/L	0.00003
Cromo	Cr	mg/L	0.00033
Mercurio	Hg	mg/L	0.00050
Plomo	Pb	mg/L	0.00020

Fuente: En base a los resultados del anexo 03.

Los resultados obtenidos en el manantial Oqoruni muestran valores bajos en todas las concentraciones de metales pesados evaluados. El arsénico presenta la concentración más elevada (0.00138 mg/L), lo cual es característico de zonas altoandinas donde su presencia puede estar asociada al aporte geológico natural del subsuelo. En segundo lugar, se registra el mercurio con un valor de 0.00050 mg/L, seguido del cromo con 0.00033 mg/L. Estos valores se encuentran en rangos reducidos y son propios de cuerpos de agua sin exposición directa a descargas de origen industrial. El plomo presenta una concentración moderadamente baja (0.00020 mg/L), mientras que el cadmio es nuevamente el metal con menor presencia (0.00003 mg/L), lo que indica una reducida influencia de actividades mineras o agroindustriales sobre este elemento.

En conjunto, los resultados permiten indicar que el manantial Oqoruni no presenta una contaminación severa por metales pesados y mantiene condiciones aceptables en términos ambientales. Sin embargo, la presencia simultánea de arsénico, mercurio y cromo en valores superiores respecto a otros metales evidencia la necesidad de mantener un monitoreo continuo, debido a que estos elementos poseen la capacidad de bioacumularse y representar riesgos potenciales para la salud y el ecosistema si su concentración se incrementa a futuro.

Tabla 05: Valor de las concentraciones de metales pesados en el manantial “Castilluma”.

METALES PESADOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
Arsénico	As	mg/L	0.00151
Cadmio	Cd	mg/L	0.00002
Cromo	Cr	mg/L	0.00035
Mercurio	Hg	mg/L	0.00050
Plomo	Pb	mg/L	0.00020

Fuente: En base a los resultados del anexo 04.

Los resultados obtenidos en el manantial Castilluma evidencian concentraciones bajas en todos los metales pesados evaluados, lo cual indica condiciones favorables en términos de calidad del agua. El arsénico presenta la concentración más elevada (0.00151 mg/L), lo cual es consistente con la presencia natural de este elemento en zonas altoandinas, ya que puede provenir del aporte geológico de minerales asociados al subsuelo. En el segundo lugar se encuentra el mercurio con 0.00050 mg/L, seguido por el cromo con 0.00035 mg/L, valores que, aunque bajos, pueden estar vinculados a procesos naturales o a una mínima influencia antrópica. El plomo presenta una concentración igualmente baja (0.00020 mg/L), mientras que el cadmio registra el valor menor (0.00002 mg/L), lo cual indica una reducida presencia de fuentes de contaminación relacionadas con descargas industriales o actividades mineras.

En términos generales, el manantial Castilluma no muestra signos de contaminación severa por metales pesados y mantiene niveles reducidos que reflejan una condición ambiental aceptable. Sin embargo, la presencia simultánea de arsénico, mercurio y cromo en mayor proporción respecto al resto de metales evidencia la necesidad de un monitoreo periódico, debido a que estos elementos poseen la capacidad de persistir en el ecosistema y representar un riesgo potencial si se incrementan sus concentraciones en el tiempo.

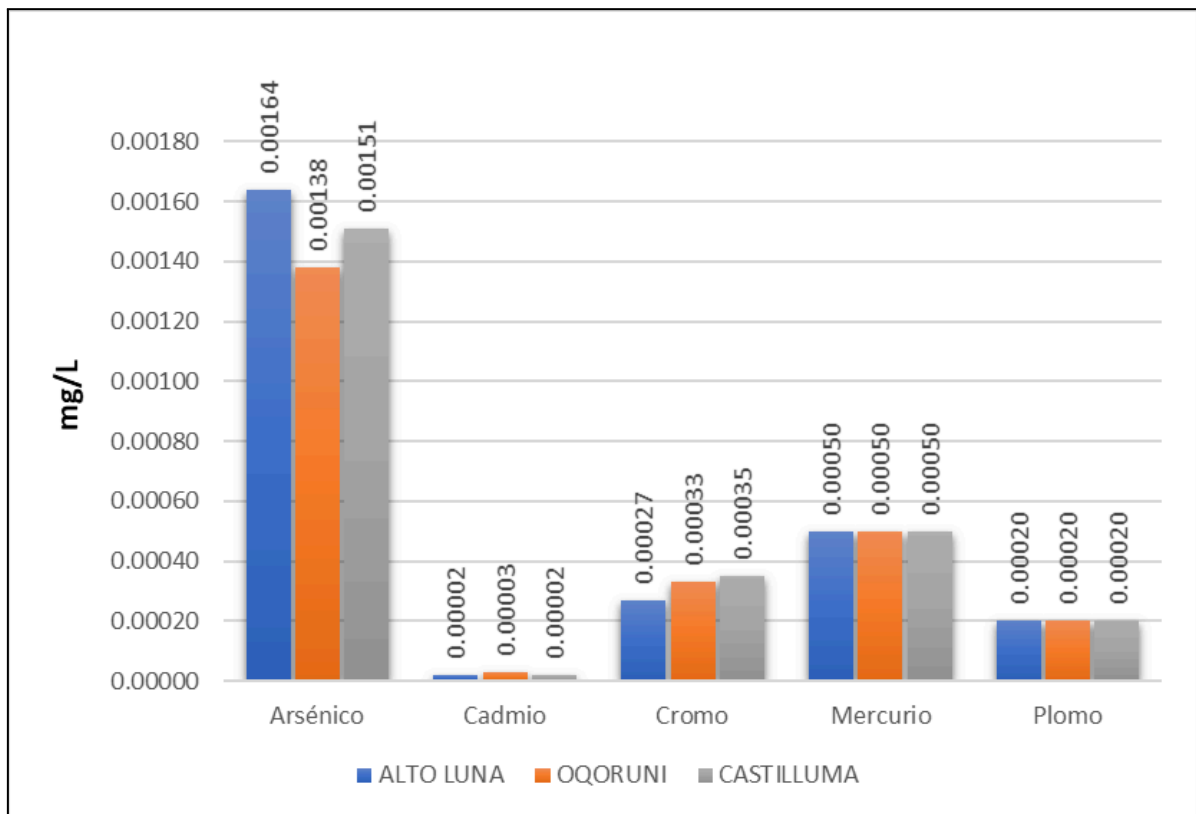


Figura 03: Comparación de las concentraciones entre los 3 manantiales.

La Figura 03 permite comparar de manera directa las concentraciones de los cinco metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma. En el caso del arsénico, el valor más elevado se registró en Alto Luna (0.00164 mg/L), seguido por Castilluma (0.00151 mg/L) y finalmente Oqoruni con la concentración más baja (0.00138 mg/L), lo cual evidencia que existe una ligera diferencia entre los tres puntos, aunque el patrón muestra que los tres presentan niveles similares. Para el cadmio, las concentraciones fueron muy bajas en los tres manantiales; sin embargo, destaca que Oqoruni presenta el valor más alto (0.00003 mg/L), mientras que Alto Luna y Castilluma mantienen la misma concentración (0.00002 mg/L).

(0.00002 mg/L), indicando una variación mínima pero perceptible. En relación con el cromo, se observa un comportamiento distinto, pues Castilluma alcanzó el valor más alto (0.00035 mg/L), seguido de Oqoruni (0.00033 mg/L) y finalmente Alto Luna con 0.00027 mg/L, lo que sugiere que este metal presenta mayor diferencia relativa entre los manantiales. Para el mercurio y el plomo, no se apreciaron diferencias, ya que en los tres manantiales los valores son idénticos (0.00050 mg/L en mercurio y 0.00020 mg/L en plomo), lo que indica ausencia de variación entre los puntos de muestreo para estos dos metales.

En conjunto, el análisis comparativo evidencia que los metales pesados con mayor variabilidad entre los manantiales son el arsénico y el cromo, mientras que el mercurio y el plomo presentan una concentración uniforme en los tres puntos evaluados. Asimismo, las diferencias observadas permiten identificar que Alto Luna tiende a destacar en arsénico, Oqoruni en cadmio y Castilluma en cromo, mostrando patrones particulares de distribución metálica en cada sitio.

4.2. ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS MANANTIALES ALTO LUNA, OQORUNI Y CASTILLUMA DE LA COMUNIDAD DE LUQUINA GRANDE, CHUCUITO - PUNO, DE ACUERDO A LOS LMP DEL REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL DS-031-2010-SA.

4.2.1. NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO DE ACUERDO AL LMP

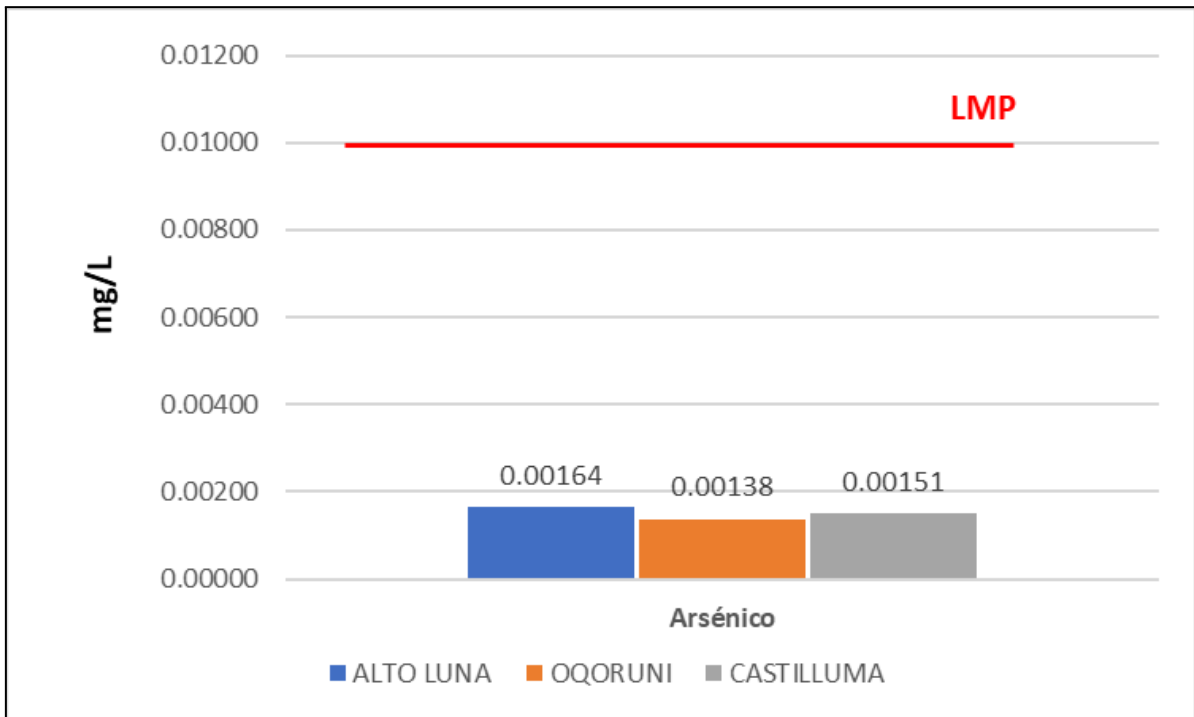


Figura 04: Comparación del nivel de Arsénico de acuerdo al LMP.

Como se aprecia en la figura 04, la comparación de los valores de Arsénico en los tres manantiales respecto al Límite Máximo Permissible demuestra que ninguno supera el estándar establecido por el DS-031-2010-SA para agua destinada al consumo humano (0.01 mg/L).

El manantial Alto Luna registra la concentración más elevada (0.00164 mg/L), seguido por Castilluma (0.00151 mg/L) y finalmente Oqoruni (0.00138 mg/L). A pesar de estas diferencias, todas las concentraciones se encuentran significativamente **por debajo del LMP**, lo que indica que el Arsénico no representa un riesgo inmediato en ninguno de los puntos evaluados. Sin embargo, el hecho de que Alto Luna y Castilluma presentan valores

relativamente mayores sugiere la necesidad de continuar con el monitoreo, pues podrían estar influenciados por factores geológicos o antrópicos que incrementan la presencia del metal. En conjunto, los resultados evidencian una condición aceptable con respecto al Arsénico, manteniéndose dentro de los límites permitidos por la normativa sanitaria vigente.

4.2.2. NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE CADMIO DE ACUERDO AL LMP

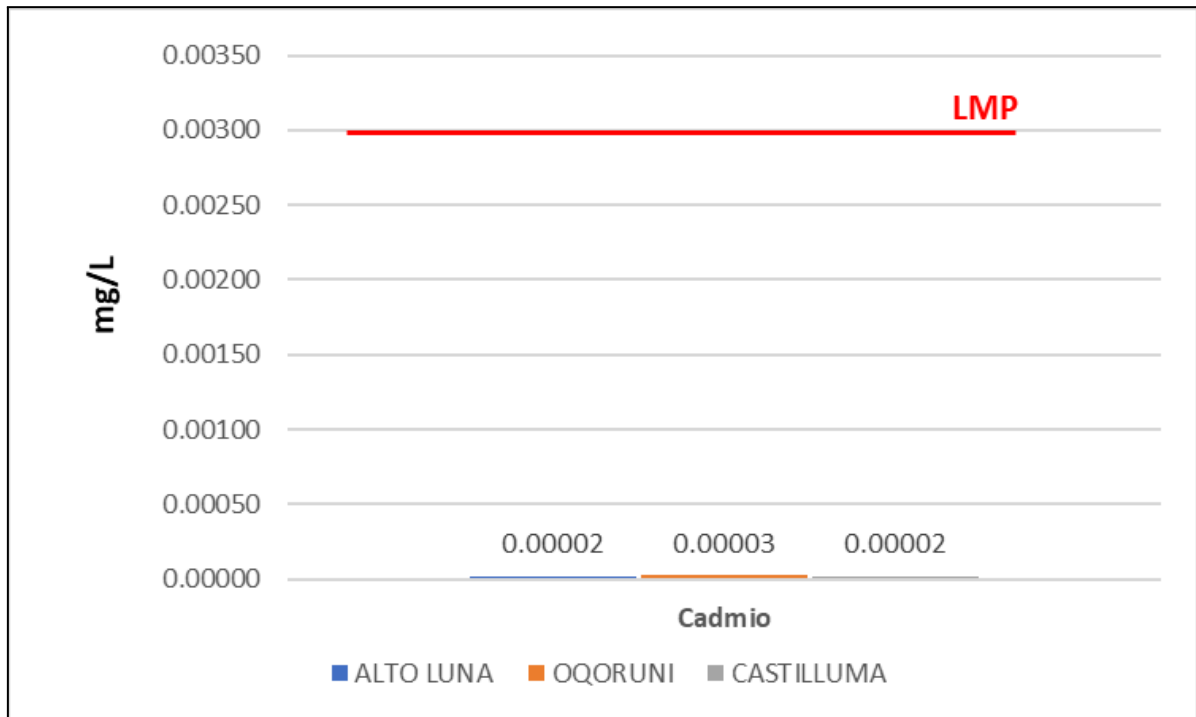


Figura 05: Comparación del nivel de Cadmio de acuerdo al LMP.

Como se aprecia en la figura 05, en los tres manantiales evaluados (Alto Luna, Oqoruni y Castilluma) las concentraciones de Cadmio son extremadamente bajas y similares entre sí, fluctuando entre 0.00002 mg/L y 0.00003 mg/L, **valores muy por debajo del Límite Máximo Permisible** establecido por el DS-031-2010-SA que es de 0.003 mg/L.

Esto indica que ninguno de los manantiales presenta riesgo asociado a la presencia de Cadmio en el agua, por lo que este metal pesado no constituye una amenaza inmediata para la salud ni para el ecosistema acuático en la zona de estudio. Además, la uniformidad de resultados sugiere que no existe una fuente puntual significativa de contaminación por

cadmio en el área evaluada, lo que refuerza la calidad aceptable del agua en relación a este metal pesado.

4.2.3. NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE CROMO DE ACUERDO AL LMP

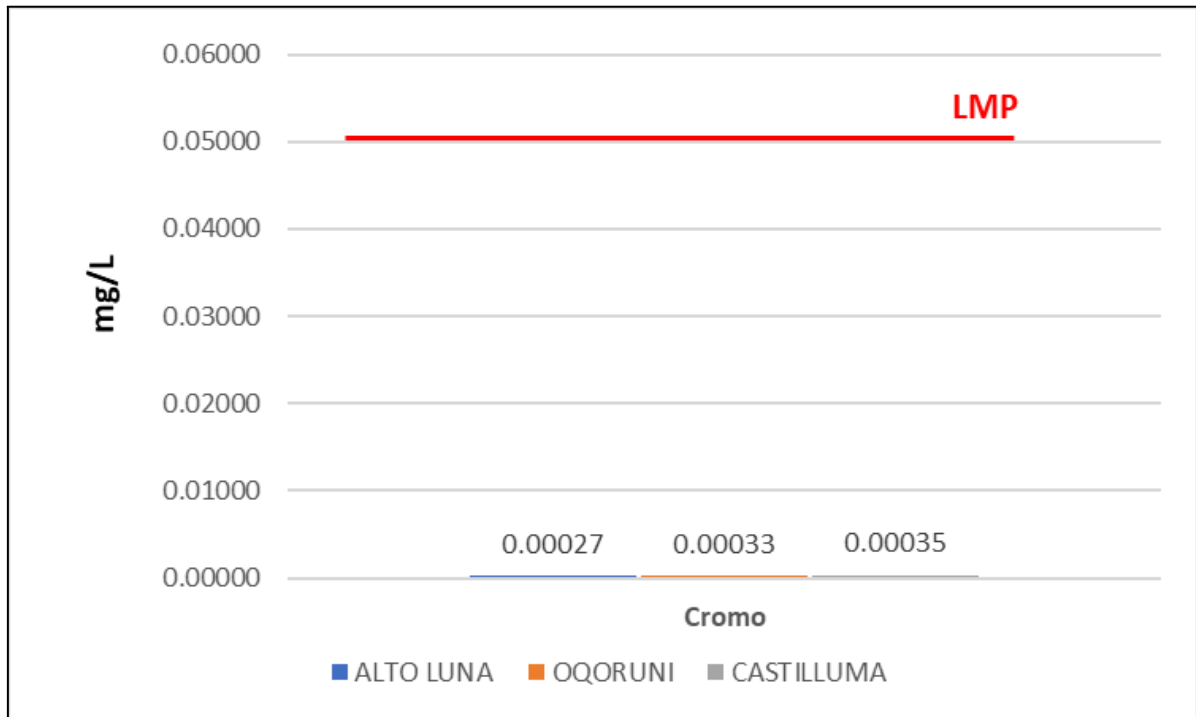


Figura 06: Comparación del nivel de Cromo de acuerdo al LMP.

Como se aprecia en la figura 06, los valores de concentración de Cromo (Cr) obtenidos en los tres manantiales presentan niveles muy bajos en relación con el Límite Máximo Permissible (LMP) establecido por el DS-031-2010-SA., el cual es 0.050 mg/L para agua destinada al consumo humano. El manantial Castilluma presenta el valor más elevado (0.00035 mg/L), seguido de Oqoruni (0.00033 mg/L) y por último Alto Luna (0.00027 mg/L). A pesar de esta diferencia entre manantiales, **todos los valores se encuentran muy por debajo del límite normativo**, lo cual indica que, respecto al parámetro Cromo, el agua de los tres manantiales no presenta riesgo de contaminación significativa. En conclusión, el parámetro Cromo muestra una condición aceptable y sin indicios de excedencia en ninguno de los puntos muestreados, evidenciando que este metal pesado no representa un problema relevante en la calidad de agua de estos manantiales.

4.2.4. NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE MERCURIO DE ACUERDO AL LMP

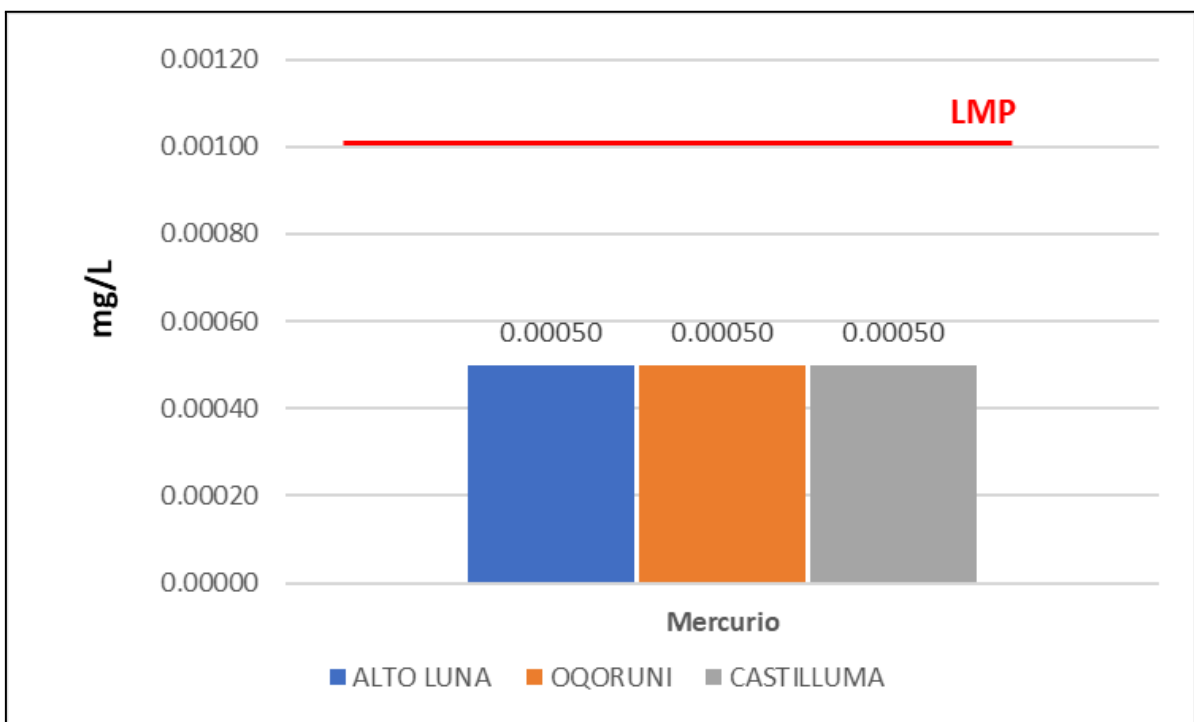


Figura 07: Comparación del nivel de Mercurio de acuerdo al LMP.

Como se aprecia en la figura 07, los valores de concentración de Mercurio (Hg) obtenidos en los tres manantiales presentan un mismo nivel de 0.00050 mg/L en Alto Luna, Oqoruni y Castelluma. Al compararlos con el Límite Máximo Permisible (LMP) del DS-031-2010-SA, establecido en 0.001 mg/L, se observa que las concentraciones en los tres puntos **están por debajo del límite normativo**. Esto indica que el Mercurio no representa un riesgo para la calidad del agua en estos manantiales, ya que permanece dentro de las condiciones aceptables para consumo humano. Asimismo, el hecho de que los tres puntos presenten el mismo valor sugiere una condición homogénea del parámetro en la zona evaluada. En conclusión, el Mercurio se mantiene bajo control y no constituye un factor de contaminación crítica en ninguno de los manantiales.

4.2.5. NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO DE ACUERDO AL LMP

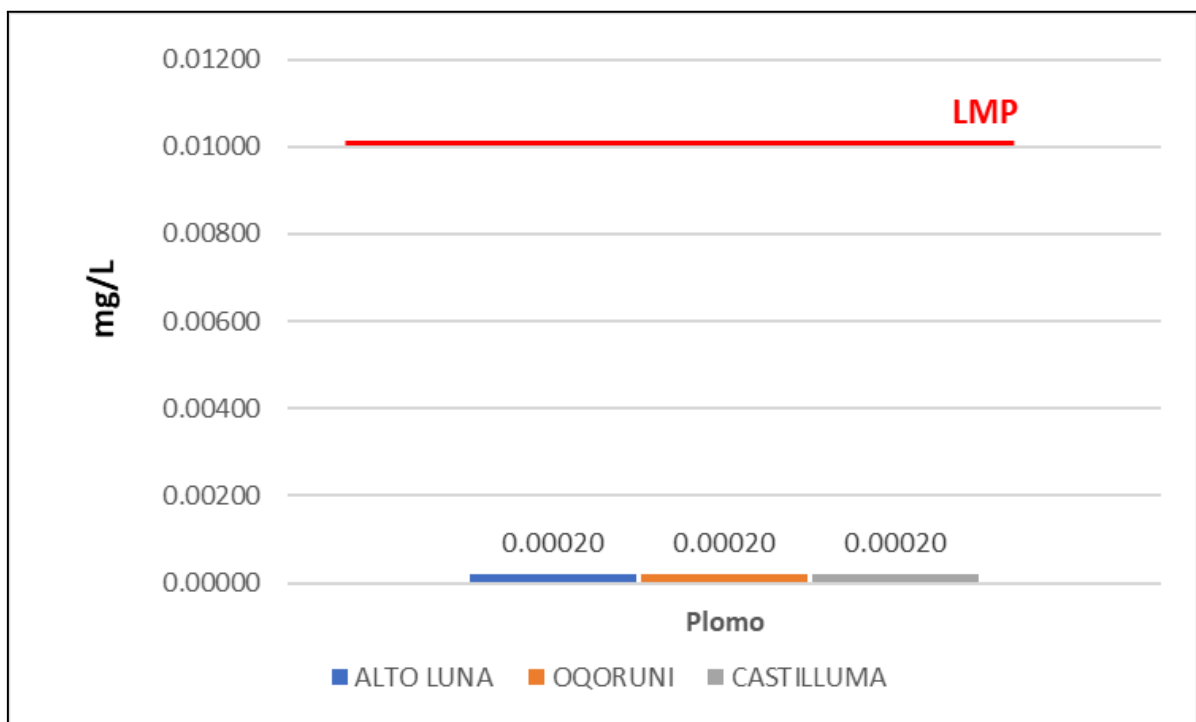


Figura 08: Comparación del nivel de Plomo de acuerdo al LMP.

Como se aprecia en la figura 08, las concentraciones de Plomo (Pb) obtenidas en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma presentan un mismo valor de 0.00020 mg/L en los tres casos. Al compararse con el Límite Máximo Permissible (LMP) establecido para agua de consumo humano en el DS-031-2010-SA., equivalente a 0.010 mg/L, se evidencia que las concentraciones registradas son significativamente inferiores al valor límite permitido. Esto demuestra que el Plomo no está presente en niveles críticos ni representa un riesgo para la salud en ninguno de los manantiales evaluados.

Además, el hecho de que la concentración de Plomo sea igual en los tres puntos sugiere una condición similar en cuanto a la presencia de este metal pesado en la zona de estudio, sin variaciones apreciables entre los manantiales. En conclusión, el Plomo **se encuentra dentro de los estándares de calidad** aceptables y no se identifica como un contaminante preocupante en las condiciones actuales del agua analizada.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al contrastar los resultados de la presente investigación con otras internacionales, nacionales y locales, se observa una clara contradicción, ya que diversos estudios reportan concentraciones superiores a los límites permisibles e incluso condiciones de contaminación evidente. Por ejemplo, Brito (2022) detectó niveles de plomo en el río Cuchipamba (0.004 - 0.0046 mg/L) que superaron ampliamente el límite establecido para el agua. De forma semejante, Mancilla (2023) reportó que el 60 % de las estaciones evaluadas presentaron concentraciones de mercurio y plomo por encima de los valores normativos, mostrando un escenario de alto riesgo ambiental, lo cual contrasta con los valores homogéneos y no excedentes obtenidos en los tres manantiales estudiados. Este contraste indica que, en otras regiones, los metales pesados no solo están presentes en el agua, sino que son un problema persistente y generalizado.

En la misma línea, Zambrano (2024) encontró concentraciones de arsénico de hasta 0.0411 mg/L en el río Jipijapa, valores que superan ampliamente los encontrados en los manantiales analizados en este estudio. Incluso, a nivel nacional, Vasquez (2022) reportó arsénico en un rango entre 0.0051 y 0.0066 mg/L, niveles superiores a los de Alto Luna, Oqoruni y Castilluma. Lo más llamativo es que en otras investigaciones nacionales se observaron excedencias significativas en diversos metales, como los reportados por Delgado y Zavala (2021) en Arequipa, donde las concentraciones de arsénico, plomo y mercurio superan ampliamente los valores permisibles, llegando a niveles críticos como el plomo de 0.056 mg/L en Camaná y el mercurio de 0.0699 mg/L en Caravelí. Estas diferencias sugieren que la presencia y concentración de metales pesados en el agua tienden a ser más elevadas en zonas influenciadas por descargas mineras, urbanas o industriales, a diferencia de los manantiales de Luquina Grande, donde probablemente la actividad humana directa es menor y no existen fuentes de contaminación industrial cercanas.

Los estudios locales también confirman esta heterogeneidad. León (2020) encontró valores de arsénico más elevados que los de este estudio (0.00232 mg/L), aunque aún dentro de

la normativa; mientras que Vilca (2022) determinó valores similares a los obtenidos aquí, concluyendo que algunas fuentes superficiales no representan un riesgo significativo. A pesar de ello, trabajos como el de Espinoza (2022) y Cornejo (2023) demostraron que otras fuentes hídricas de Puno sí presentan niveles de contaminación preocupantes debido a la influencia directa de la actividad minera y descargas residuales, situación que contrasta con los manantiales evaluados en la comunidad de Luquina Grande.

En síntesis, mientras la mayoría de antecedentes promedio evidencian contaminación, excedencias y riesgo ambiental, los resultados de los tres manantiales analizados en este estudio muestran una condición opuesta: concentraciones bajas, ausencia de superación de los límites máximos permisibles y cierta estabilidad entre los valores reportados. Esta divergencia podría explicarse por diferencias en el origen del agua, grado de intervención humana, presencia de actividades mineras o urbanas y características hidrogeológicas propias del territorio. Por ello, los resultados sugieren que los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma presentan un mejor estado de conservación hídrica en comparación con las fuentes evaluadas en los antecedentes, aunque se recomienda desarrollar un monitoreo permanente para descartar procesos de bioacumulación y variación estacional, especialmente en un contexto donde la contaminación por metales pesados es recurrente en la región andina.

4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.4.1 DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Planteamos las siguientes hipótesis:

H₀: El grado de contaminación por metales pesados de los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande del distrito de Chucuito - Puno, no es alto.

H_a: El grado de contaminación por metales pesados de los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande del distrito de Chucuito - Puno, es alto.

La comprobación de esta hipótesis se realizó mediante el análisis de los valores de concentración de los metales pesados Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Mercurio

(Hg) y Plomo (Pb) en los tres manantiales, según se muestra en la Tabla 03, Tabla 04 y Tabla 05. La comparación de estas concentraciones con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el DS-031-2010-SA se presenta en las Figuras 04, 05, 06, 07 y 08. En base a estos hallazgos, se concluye que los datos no respaldan la hipótesis alternativa (H_a), ya que el grado de contaminación por metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma no es alto, sino que se encuentra dentro de los rangos permitidos por la normativa vigente. Por lo tanto, **se acepta la hipótesis nula (H_0)**, indicando que actualmente estos manantiales presentan condiciones aceptables de calidad de agua en relación a los metales pesados evaluados.

4.4.2. DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

H_0 : La concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande del distrito de Chucuito - Puno, no es alta.

H_a : La concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande del distrito de Chucuito - Puno, es alta.

La comprobación de esta hipótesis se realizó mediante el análisis de las concentraciones de los cinco metales pesados seleccionados: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Mercurio (Hg) y Plomo (Pb), obtenidas en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma, las cuales se presentan en la Tabla 03, Tabla 04 y Tabla 05, así como su comparación entre manantiales en la Figura 03 y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el DS-031-2010-SA en las Figuras 04 a 08.

Por lo tanto, en función de los datos obtenidos, no se acepta la hipótesis alternativa (H_a), ya que la concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma no es alta. En consecuencia, **se acepta la hipótesis nula (H_0)**, indicando que los metales pesados se encuentran dentro de los rangos permitidos por la normativa vigente y que los manantiales presentan una buena calidad de agua respecto a estos contaminantes.

4.4.3. DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

H_0 : Los niveles de concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande del distrito de Chucuito - Puno, cumplen con los LMP del reglamento de la calidad del agua para consumo humano del DS 031-2010-SA.

H_a : Los niveles de concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande del distrito de Chucuito - Puno, no cumplen con los LMP del reglamento de la calidad del agua para consumo humano del DS 031-2010-SA.

La comprobación de esta hipótesis se realizó mediante la comparación de las concentraciones de los cinco metales pesados seleccionados (Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo) en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el DS-031-2010-SA., utilizando como referencia los valores reportados en la Tabla 03, Tabla 04 y Tabla 05 y las comparaciones gráficas en las Figuras 04 a 08.

En consecuencia, los datos obtenidos no respaldan la hipótesis alternativa (H_a), ya que los niveles de concentración de metales pesados sí cumplen con los LMP establecidos por la normativa vigente. Por lo tanto, se **acepta la hipótesis nula (H_0)**, indicando que los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma presentan una calidad de agua adecuada en relación con los metales pesados evaluados.

CONCLUSIONES

PRIMERA. El análisis de los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma en la comunidad de Luquina Grande (Chucuito – Puno) muestra que las concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo se encuentran muy por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el DS-031-2010-SA., confirmando que el agua presenta condiciones seguras y adecuadas para el consumo humano en cuanto a parámetros inorgánicos.

SEGUNDA. La concentración de metales pesados en los manantiales evaluados es baja y homogénea entre los tres puntos de muestreo. Específicamente, el Arsénico presentó valores entre 0.00138 y 0.00164 mg/L, el Cadmio entre 0.00002 y 0.00003 mg/L, el Cromo entre 0.00027 y 0.00035 mg/L, mientras que el Mercurio y el Plomo se mantuvieron constantes en 0.00050 mg/L y 0.00020 mg/L respectivamente, éstos valores son muy bajos, lo que indica que los manantiales presentan una excelente calidad de agua respecto a los metales pesados, reduciendo el riesgo de efectos tóxicos en la población y asegurando una fuente de agua segura y confiable para el consumo humano y otros usos, en relación a los parámetros físico químicos.

TERCERA. Los niveles de concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del reglamento de la calidad del agua para consumo humano (DS-031-2010-SA.), ésto indica que, actualmente, los manantiales presentan una calidad de agua segura para la población, sin riesgo sanitario por los metales pesados evaluados.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. A las autoridades locales y población de la comunidad de Luquina Grande Implementar un programa de vigilancia periódica en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma, realizar muestreos anuales para confirmar que las concentraciones de metales pesados se mantienen dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) e incluir parámetros adicionales (biológicos y fisicoquímicos) para tener una visión integral de la calidad del agua.

SEGUNDA. A los responsables de la gestión de recursos hídricos, Promover la participación activa de la comunidad de Luquina Grande en el cuidado y protección de los manantiales, capacitando a los pobladores en prácticas de conservación y en la importancia de mantener las fuentes libres de contaminación. Establecer comités locales de vigilancia ambiental que trabajen en coordinación con las autoridades del distrito de Chucuito.

TERCERA. A las autoridades y junta directiva de la comunidad desarrollar planes de contingencia para posibles riesgos de contaminación derivados de actividades agrícolas, mineras o domésticas y difundir los resultados del análisis a la población para generar confianza y conciencia sobre el consumo seguro del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Brito Tucto, M. A., Méndez Zambrano, P. V., Alvarado Barba, R. A., & Cazorla Vinueza, X. R. (2022). *Evaluación de la contaminación por metales pesados del Río Cuchipamba*, Morona Santiago. Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional, 7(7 (JULIO 2022)), 1987-2013.
- Brousett-Minaya, M., Rodríguez, A. C., Turpo, M. M., Atamari, L. A., y Laura, E. L. (2018). *Evaluación Físico-Química y Microbiológica de Agua para Consumo Humano Puno – Perú*. 15(47-46), 22.
- Calero Huaman, B. S. (2023). *Evaluación del contenido de metales pesados en el agua superficial de desembocadura del río Chancay, Huaral, año 2021*. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7797>
- Calsin Choque, M. D. (2020). *Evaluación de la concentración de cromo, cadmio y plomo en sedimentos superficiales en el río Apurímac de la provincia de Caylloma - Arequipa*. *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3580046>
- Chávez Porras, Á. (2010). *Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo*. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 9(17), 41-49.
- Delgado Rodriguez, T. M., & Zavala Sucuitana, P. C. (2021). *Estudio de la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa*. *Repositorio Institucional - UMA*. <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/417>
- Espinoza_Rivas, G. R., Cárdenas_Catalán, J. A., & Echegaray_Peña, N. G. (2022). *Presencia de metales pesados en suelos agrícolas de la subcuenca Llallimayo, departamento de Puno*. C&T Riqchary Revista de investigación en ciencias y tecnología, 4(1), Article 1.
- Falcón, J. P. (2021). *Importancia del agua y los tratamientos biológicos para reducir la contaminación en los ríos por relaves mineros*. Fundação Universidade do

Contestado.

García Martínez, L. A., & Zeta Castro, J. L. (2020). *Evaluación del riesgo ambiental por presencia de mercurio generado por la actividad minera artesanal en el río Namballe, San Ignacio—Cajamarca*. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57428>

García Peña, A. L. (2020). *Concentración de metales pesados en el agua de consumo de las zonas rurales asentadas en la rivera de la margen izquierda del río Tumbes y su relación con la concentración de estos en el agua superficial del río Tumbes*. Universidad Nacional de Tumbes. <https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/2048>

León Escobar, R. H. (2020). *Grado de contaminación por metales pesados de las aguas del Centro Poblado de Huacani Pomata – 2020*. Universidad Privada San Carlos. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3402242>

Mancilla-Villa, O. R., Gómez-Villaseñor, L., Palomera-García, C., Hernández-Vargas, O., Guevara-Gutiérrez, R. D., Ortega-Escobar, H. M., Flores-Magdaleno, H., Can-Chulim, Á., Sánchez-Bernal, E. I., Avelar-Roblero, J. U., & Cruz-Crespo, E. (2023). *Metales pesados en agua y macroinvertebrados de la cuenca del río Ayuquila-Armería (México) y sus afluentes*. *Revista Terra Latinoamericana*, 41. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1603>

MINAM. (2018). Ministerio del Ambiente—MINAM. <https://www.gob.pe/minam>

Mere Turpo, K. H., & Ccapa Alccamari, M. I. (2021). *Relación entre la concentración de mercurio en las aguas y la absorción de este metal en el cultivo de plantas nativas*. Universidad Tecnológica del Perú. <https://repositorio.utp.edu.pe/item/2aeb68d4-32ba-41c8-959a-3f9bd920f5>

Méndez, J. P., Ramírez, C. A. G., Gutiérrez, A. D. R., & García, F. P. (2009). *Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua*.

Montoya, N. P. M., Casas, P. A., & Wandurraga, C. C. (2010). Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. 8(1).

- Moreno, L. G. N., Velasco, L. V., Cordero, A. R., & González, J. M. (2022). *Contaminación y hongos: Resistencia a metales pesados*. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.56712/latam.v3i2.76>
- Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., Gallo, J. A., Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2020). *Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción*. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18. <https://doi.org/10.31908/19098367.0001>
- OPS/OMS (2020, octubre 26). *Organización Panamericana de la Salud*. <https://www.paho.org/es/temas/plomo>
- Quispe Yana, R. F., Belizario Quispe, G., Chui Betancur, H. N., Huaquisto Cáceres, S., Calatayud Mendoza, A. P., & Yábar Miranda, P. S. (2019). *Concentración de metales pesados: Cromo, cadmio y plomo en los sedimentos superficiales en el río Coata*, Perú. *Revista Boliviana de Química*, 36(2), 83-90.
- Rodríguez-Fuentes, T. (2018). *Comportamiento del plomo sérico en niños expuestos de la ciudad de Camagüey*.
- Rodriguez Garcia, R., Martinez Muñoz, C., y Hernandez Vizacino, D. (2003). *Calidad del agua de fuentes de manantial en la zona básica de salud de Sigüenza*. *Rev Esp Salud Pública*, 77(3), 423-432.
- Sucari, W., Belizario-Quispe, G., & Cornejo-Puma, K. (2023). *La contaminación por metales potencialmente tóxicos de sedimentos del río Coata, Puno, Perú*. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 11(1-2), Article 1-2. <https://doi.org/10.22386/ca.v11i1-2.383>
- Torre, M. E. M. de la, Estrada, C. A. R., Ramírez, D. R. de C., & Lozano, J. G. F. (2020). *Efectos a la salud ante exposición de metales pesados en niños*. *IBN SINA*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.48777/ibnsina.v11i2.850>
- Vaiopoulou, E., & Gikas, P. (2020). *Regulations for chromium emissions to the aquatic environment in Europe and elsewhere*. *Chemosphere*, 254, 126876. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126876>

Vasquez Huaman, J. P. (2022). *Contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del Río Ichu en la ciudad de Huancavelica*, 2022.
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4708>

Vilca Quispe, C. I. (2022). *Determinación de los niveles de mercurio y plomo de las aguas superficiales en la unidad hidrográfica del río Lampa y su relación con el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental (ECA) para el periodo 2021*.
Universidad Privada San Carlos.
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3401925>

Zambrano Guerrero, L. A. (2024). *Concentración de metales pesados en la microcuenca del río Jipijapa* [bachelorThesis, Jipijapa - Unesum].
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6198>

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia.

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS DE LOS MANANTIALES ALTO LUNA, OQORUNI Y CASTILLUMA DE LA COMUNIDAD DE LUQUINA GRANDE, CHUCUITO - PUNO 2025.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
¿Cuál es el grado de contaminación por metales pesados de los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande, Chucuito - Puno, 2025?	Evaluar el grado de contaminación por metales pesados de los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande, Chucuito - Puno, 2025.	El grado de contaminación por metales pesados de los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande, Chucuito - Puno, 2025, es alto.	VD: Grado de Contaminación de manantiales.	Reglamento de la calidad del agua para consumo humano.	Instrumentos: Cuaderno de campo Equipo de muestreo Reglamento de la Calidad de Agua para consumo Humano (DS 031-2010-SA.)	Tipo: Descriptivo Diseño: No experimental
Específicos	Específicos	Específicos	VI: Metales pesados	Concentración de metales pesados.		Población: Manantiales de la comunidad de Luquina Grande Muestra: 03 Manantiales Diseño estadístico: Análisis estadístico descriptivo.
¿Cuál es la concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande, Chucuito - Puno, 2025?	Determinar la concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande del distrito de Chucuito - Puno, 2025.	La concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande, Chucuito - Puno, es alta. Los niveles de concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande, Chucuito - Puno, no cumplen con los LMP del reglamento de la calidad del agua para consumo humano del DS-031-2010-SA.				
¿Cumplirán los niveles de concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande, Chucuito - Puno, con los LMP del reglamento de la calidad del agua para consumo humano del DS-031-2010-SA.?	Analizar los niveles de concentración de metales pesados en los manantiales Alto Luna, Oqoruni y Castilluma de la comunidad de Luquina Grande, Chucuito - Puno, de acuerdo a los LMP del reglamento de la calidad del agua para consumo humano del DS-031-2010-SA.					

Anexo 02. Análisis de Laboratorio del manantial **Alto Luna** de la comunidad de Luquina Grande.



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



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 3731 - 2025

MÉTODOS UTILIZADOS :

OVL-Rotíferos (Cuantificación)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 10000. 10900 Identification of Aquatic Organisms. 23rd Ed. 2017.
OVL-Algas (Cuantificación)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 10000. 10900 Identification of Aquatic Organisms. 23rd Ed. 2017.
Cloro Libre (Cl ₂)	: Cloro Libre DPD - HACH
Turbidez	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2130-B. Turbidity. Nephelometric Method. 23rd Ed. 2017.
Sólidos Totales Disueltos	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2540-C. 23rd Ed. 2017. Total Dissolved Solids Dried at 180°C
pH	: Environmental Protection Agency. Method 150.1. 1999. pH (Electrometric).
Dureza Total (como CaCO ₃)	: Norma Técnica Peruana 214.018 (Revisada el 2019) 1999 Agua para consumo Humano. Determinación de la dureza. Método volumétrico con EDTA.
Conductividad	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2510-B. Pag 1-4, 23rd Ed. 2017 Conductivity. Laboratory Method.
Cloro Total (Cl ₂)	: Cloro Total DPD - HACH
Cianuro Total	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000 Method 4500-CN-J. Cyanide. Cyanogen Chloride. Colorimetric Method. 23rd Ed. 2017.
Color	: Water Analysis Handbook HACH. Color True and Apparent. Method 8025: Platinum-Cobalt Standard Method. Pag. 381. 4th Ed.

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):
 Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método
 LD: Límite de detección del método.
 Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes o Fecales y E. coli: Max. 8 hrs después de la toma de muestra a una T<8°C, muestra recepcionada con más de 8 hrs de tiempo de vida útil.
 Recuento de heterótrofos en placa: Max. 24 hrs después de la toma de muestra a una T<4°C, muestra recepcionada con más de 24 hrs de tiempo de vida útil.
 pH: Max. 2 hrs después de la toma de muestra. Muestra con mas de 2 hrs de tiempo de vida útil.
 LC: Límite de cuantificación del método.

Metales Totales (DS 031)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA DE MANANTIAL		UNIDADES
				Alto Luna.		
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020		<0.02	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002		0.00164	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005		0.030	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004		0.0600	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001		0.00002	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005		0.00027	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	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002		0.0006	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001		<0.0001	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050		1.24	mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0,00001	0,00006		0.0002	mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002		<0.0002	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010		0.0001	mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001		0.0001	mg/L
FQ	U (Uranio)	0,000003	0,00002		0.00015	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003		0.013	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 06/07/2025 al 14/07/2025
 MB 06/07/2025 al 13/07/2025
 FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 18/07/2025



Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BIHOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 03. Análisis de Laboratorio del manantial **Oqoruni** de la comunidad de Luquina Grande.



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



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 3733 - 2025

MÉTODOS UTILIZADOS :

- OVL-Rotíferos (Cuantificación) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 10000. 10900 Identification of Aquatic Organisms. 23rd Ed. 2017.
- OVL-Algas (Cuantificación) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 10000. 10900 Identification of Aquatic Organisms. 23rd Ed. 2017.
- Cloro Libre (Cl₂) : Cloro Libre DPD - HACH
- Turbidez : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2130-B. Turbidity. Nephelometric Method. 23rd Ed. 2017.
- Sólidos Totales Disueltos : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2540-C. 23rd Ed. 2017. Total Dissolved Solids Dried at 180°C
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. 1999. pH (Electrometric).
- Dureza Total (como CaCO₃) : Norma Técnica Peruana 214.018 (Revisada el 2019) 1999 Agua para consumo Humano. Determinación de la dureza. Método volumétrico con EDTA.
- Conductividad : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2510-B. Pag 1-4. 23rd Ed. 2017 Conductivity. Laboratory Method.
- Cloro Total (Cl₂) : Cloro Total DPD - HACH
- Cianuro Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000 Method 4500-CN- J. Cyanide. Cyanogen Chloride. Colorimetric Method. 23rd Ed. 2017.
- Color : Water Analysis Handbook HACH. Color True and Apparent. Method 8025: Platinum-Cobalt Standard Method. Pag. 381. 4th Ed.

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):
- Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método
- LD: Límite de detección del método.
- Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes o Fecales y E. coli: Max. 8 hrs después de la toma de muestra a una T<8°C, muestra recepcionada con más de 8 hrs de tiempo de vida útil.
- Recuento de heterótrofos en placa: Max. 24 hrs después de la toma de muestra a una T<4°C, muestra recepcionada con más de 24 hrs de tiempo de vida útil.
- pH: Max. 2 hrs después de la toma de muestra. Muestra con mas de 2 hrs de tiempo de vida útil.
- LC: Límite de cuantificación del método.

Metales Totales (DS 031)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA DE MANANTIAL		UNIDADES
				Oqoruni		
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	<0.02		mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0.00138		mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0.073		mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0.0496		mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0.00003		mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0.00033		mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0,0002	0,001	<0.001		mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0,002	0,010	0.098		mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	0,0001	0,0005	<0.0005		mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002	0.0008		mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	0.0006		mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	16.49		mg/L
FQ	Ni (Níquel)	0,00001	0,00006	0.0002		mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002	<0.0002		mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010	<0.0001		mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001	0.0006		mg/L
FQ	U (Uranio)	0,000003	0,00002	0.00062		mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003	0.014		mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 06/07/2025 al 14/07/2025

MB 06/07/2025 al 13/07/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 18/07/2025




Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico


Fin del Informe

BIHOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 04. Análisis de Laboratorio del manantial **Castilluma** de la comunidad de Luquina Grande.



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



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 3732 - 2025

MÉTODOS UTILIZADOS :

OVL-Rotíferos (Cuantificación)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 10000. 10900 Identification of Aquatic Organisms. 23rd Ed. 2017.
OVL-Algas (Cuantificación)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 10000. 10900 Identification of Aquatic Organisms. 23rd Ed. 2017.
Cloro Libre (Cl ₂)	: Cloro Libre DPD - HACH
Turbidez	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2130-B. Turbidity. Nephelometric Method. 23rd Ed. 2017.
Sólidos Totales Disueltos	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2540-C. 23rd Ed. 2017. Total Dissolved Solids Dried at 180°C
pH	: Environmental Protection Agency. Method 150.1. 1999. pH (Electrometric).
Dureza Total (como CaCO ₃)	: Norma Técnica Peruana 214.018 (Revisada el 2019) 1999 Agua para consumo Humano. Determinación de la dureza. Método volumétrico con EDTA.
Conductividad	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2510-B, Pag 1-4, 23rd Ed. 2017 Conductivity. Laboratory Method.
Cloro Total (Cl ₂)	: Cloro Total DPD - HACH
Cianuro Total	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000 Method 4500-CN-J. Cyanide. Cyanogen Chloride. Colorimetric Method. 23rd Ed. 2017.
Color	: Water Analysis Handbook HACH. Color True and Apparent. Method 8025: Platinum-Cobalt Standard Method. Pag. 381. 4th Ed.

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):

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

LD: Límite de detección del método.

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

Recuento de heterótrofos en placa: Max. 24 hrs después de la toma de muestra a una T<4°C, muestra recepcionada con más de 24 hrs de tiempo de vida útil.

pH: Max. 2 hrs después de la toma de muestra. Muestra con mas de 2 hrs de tiempo de vida utili.

LC: Límite de cuantificación del método.

Metales Totales (DS 031)


LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA DE MANANTIAL		UNIDADES
				Castilluma.		
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020		<0,02	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002		0,00151	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005		0,061	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004		0,0371	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001		0,00002	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005		0,00035	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	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002		0,0003	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001		0,0007	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050		7,66	mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0,00001	0,00006		0,0002	mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002		<0,0002	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010		0,0001	mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001		0,0003	mg/L
FQ	U (Uranio)	0,000003	0,00002		0,00030	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003		0,004	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 06/07/2025 al 14/07/2025
MB 06/07/2025 al 13/07/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 18/07/2025



Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BIHOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 05. LMP del DS 031-2010-SA., para metales pesados.

ANEXO III

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS**

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

Anexo 06. Galería fotográfica.



Figura 09. Vista panorámica de Alto Luna.



Figura 10. Preparación de los materiales para la toma de muestra de Alto Luna.



Figura 11. Preparación de los materiales para la toma de muestra en Oqoruni.



Figura 12. Envasando las muestras en Oqoruni.



Figura 13. Llenando las fichas de información en Oqoruni.



Figura 14. Preparando los materiales para las muestras en Castelluma.



Figura 15. Envasando las muestras en Castelluma.



Figura 16. Llenando el registro de datos en Castelluma.



Figura 17. Almacenamiento de todas las muestras en un envase adecuado.



Figura 18. Preparando las muestras para el transporte al Laboratorio especializado.