

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN
AGUAS DE LOS RESERVORIOS 1 Y 3 DE LA COMUNIDAD KARINA DEL**

DISTRITO DE CHUCUITO, PUNO - 2025

PRESENTADA POR:

MEDALIT KARINA ANGLES CAHUIDE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



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/)



12.77%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 28 NOV 2025, 10:28 AM

Similarity report

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

● IDENTICAL
3.47%

● CHANGED TEXT
9.3%

Report #30303521

MEDALIT KARINA ANGLES CAHUIDE // EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN AGUAS DE LOS RESERVORIOS 1 Y 3 DE LA COMUNIDAD KARINA DEL DISTRITO DE CHUCUITO, PUNO - 2025 RESUMEN El objetivo de la presente investigación fue evaluar las concentraciones de metales pesados en aguas de los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno - 2025. La muestra de estudio estuvo conformada por las aguas de ambos reservorios, donde se analizaron 18 metales, siguiendo los parámetros establecidos para la evaluación de la calidad del agua, las concentraciones en los reservorios 1 y 3 respectivamente fueron: Al (0.02, 0.02 mg/L), As (0.00072, 0.00036 mg/L), B (0.049, 0.055 mg/L), Ba (0.0473, 0.0536 mg/L), Cd (0.00003, 0.00002 mg/L), Cr (0.00061, 0.00025 mg/L), Cu (0.001, 0.001 mg/L), Fe (0.01, 0.01 mg/L), Hg (0.0005, 0.0005 mg/L), Mn (0.0011, 0.0005 mg/L), Mo (0.0002, 0.0002 mg/L), Na (2.51, 3.10 mg/L), Ni (0.0003, 0.0002 mg/L), Pb (0.0002, 0.0002 mg/L), Sb (0.0001, 0.0001 mg/L), Se (0.0003, 0.0003 mg/L), U (0.00045, 0.00065 mg/L) y Zn (0.012, 0.003 mg/L), siendo el sodio, aluminio y hierro los metales con concentraciones más elevadas, sin representar riesgo ambiental o sanitario, ésto refleja una baja mineralización y estabilidad geológica del entorno, asimismo, se verificó que todas las concentraciones de metales pesados cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S.

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

**EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN
AGUAS DE LOS RESERVORIOS 1 Y 3 DE LA COMUNIDAD KARINA DEL
DISTRITO DE CHUCUITO, PUNO - 2025**

PRESENTADA POR:

MEDALIT KARINA ANGLÉS CAHUIDE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

: 
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

: 
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Líneas de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 03 de diciembre del 2025.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, la salud y la fortaleza necesaria para culminar este trabajo de investigación.

A mi madre Gloria, quien con amor incondicional y una fortaleza ejemplar me crió sola. Por sus valiosas enseñanzas, por su fe constante en mí y por cada sacrificio realizado, que se convirtieron en el pilar que sostuvo mi camino y me permitió alcanzar cada una de mis metas.

A mi mamá Felicia, por tu amor eterno, comprensión y por ser el motor que guio mi camino, gracias abuelita. Esta tesis es un reflejo de tus esfuerzos, tu dedicación, y siempre te llevaré en mi corazón.

A mi hermana, la persona más luchadora y fuerte que conozco. Tu ejemplo, me inspira cada día a no rendirme y a creer en la concreción de los sueños.

A mi amor, quien con tu comprensión y paciencia hizo posible este proyecto, tu amor me dio el equilibrio necesario para alcanzar mis objetivos.

Con gratitud y cariño, les dedico este logro que también es suyo.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos, por abrirme las puertas del conocimiento y brindarme una sólida formación profesional que me permitirá contribuir al desarrollo sostenible de mi región y de mi país.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por ser el espacio académico donde adquirí aprendizajes significativos, experiencias y valores que han fortalecido mi crecimiento personal y profesional.
- A los miembros del jurado calificador:
 - o Presidente: Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda,
 - o Primer miembro: Mg. Katia Elizabeth Andrade Linarez,
 - o Segundo miembro: Dra. Marleny Aparicio Castillo Suaquita,por haber aceptado la responsabilidad de evaluar mi investigación, aportando con su experiencia, conocimientos y valiosas observaciones para el perfeccionamiento y enriquecimiento de este trabajo académico.
- A mi asesor de tesis M.Sc. Fredy Aparicio Castillo Suaquita, por brindarme su tiempo, paciencia y orientación constante, guiando cada etapa de este proceso de investigación con profesionalismo, dedicación y compromiso, lo cual ha sido fundamental para la culminación exitosa de este estudio.

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	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	21
2.1.1. CALIDAD DE AGUA	21
	3

2.1.2. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	21
2.1.3. CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	22
2.1.4. CONTAMINACIÓN HÍDRICA	22
2.1.5. CONTAMINACIÓN DE MANANTIALES	22
2.1.6. METALES PESADOS	23
2.1.7. TOXICIDAD DE METALES PESADOS	24
2.1.8. EFECTOS SOBRE LA SALUD CAUSADOS POR AGENTES PATÓGENOS PRESENTES EN EL AGUA	24
2.1.9. CONTAMINACIÓN DE AGUA POR METALES PESADOS	26
2.1.10. PROTOCOLO NACIONAL PARA MONITOREO DE CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES	26
2.2. MARCO CONCEPTUAL	26
2.3. MARCO NORMATIVO	28
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	29
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	29
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	29
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	30
3.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA	31
3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA:	31
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	31
3.2.1. POBLACIÓN	31
3.2.2. MUESTRA	32
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	33
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	33
3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	33
3.3.3. TÉCNICAS	33

3.3.4. INSTRUMENTOS.	33
3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO	34
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	35
CAPÍTULO IV	
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN LOS RESERVORIOS 1 Y 3 DE LA COMUNIDAD DE KARINA DEL DISTRITO DE CHUCUITO, PUNO -2025.	36
4.2. VERIFICACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN LOS RESERVORIOS 1 Y 3 DE LA COMUNIDAD DE KARINA DEL DISTRITO DE CHUCUITO, CUMPLEN CON LOS LMP DEL DS 031-2010-SA.	47
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	50
4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	52
4.4.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL	52
4.4.2. COMPROBACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	53
4.4.3 COMPROBACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	53
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Efectos de metales pesados en la salud humana.	25
Tabla 02: Descripción de los puntos donde se tomará la muestra.	32
Tabla 03: Operacionalización de variables.	35
Tabla 04: Concentraciones de metales pesados en el Reservorio 01- Karina.	36
Tabla 05: Concentraciones de metales pesados en el Reservorio 03- Karina.	38
Tabla 06: Cumplimiento de los LMP del D.S. 031-2010-SA para el Reservorio 1.	47
Tabla 07: Cumplimiento de los LMP del D.S. 031-2010-SA para el Reservorio 3.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación referencial de la Comunidad de Karina en la península de Chucuito.	30
Figura 02: Ubicación del Distrito de Chucuito en la provincia de Puno.	31
Figura 03: Ubicación de los puntos de muestreo en la comunidad de Karina.	32
Figura 04: Comparación de la concentración de Sodio entre los 2 reservorios.	40
Figura 05: Comparación de la concentración de Arsénico entre los 2 reservorios.	41
Figura 06: Comparación de la concentración de Cadmio entre los 2 reservorios.	42
Figura 07: Comparación de la concentración de Mercurio entre los 2 reservorios.	43
Figura 08: Comparación de la concentración de Plomo entre los 2 reservorios.	44
Figura 09: Comparación de los valores de las concentraciones entre los 2 reservorios.	45
Figura 10: Vista panorámica del Reservorio 01 - Karina.	67
Figura 11: Almacenamiento de las muestras del reservorio 01 - Karina.	67
Figura 12: Vista panorama del Reservorio 03 - Karina.	68
Figura 13: Muestreo del agua del Reservorio 03 - Karina.	68
Figura 14: Verificación de la muestra del Reservorio 03 - Karina.	69
Figura 15: Almacenamiento de la muestra del Reservorio 03 - Karina.	69

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de Consistencia:	62
Anexo 02: Análisis de Laboratorio del Reservorio 1 - Karina.	63
Anexo 03: Análisis de Laboratorio del Reservorio 3 - Karina.	64
Anexo 04: LMP de los metales pesados según DS 031-2010-SA	65
Anexo 05: Galería fotográfica.	67

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar las concentraciones de metales pesados en aguas de los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno - 2025. La muestra de estudio estuvo conformada por las aguas de ambos reservorios, donde se analizaron 18 metales, siguiendo los parámetros establecidos para la evaluación de la calidad del agua, las concentraciones en los reservorios 1 y 3 respectivamente fueron: Al (0.02, 0.02 mg/L), As (0.00072, 0.00036 mg/L), B (0.049, 0.055 mg/L), Ba (0.0473, 0.0536 mg/L), Cd (0.00003, 0.00002 mg/L), Cr (0.00061, 0.00025 mg/L), Cu (0.001, 0.001 mg/L), Fe (0.01, 0.01 mg/L), Hg (0.0005, 0.0005 mg/L), Mn (0.0011, 0.0005 mg/L), Mo (0.0002, 0.0002 mg/L), Na (2.51, 3.10 mg/L), Ni (0.0003, 0.0002 mg/L), Pb (0.0002, 0.0002 mg/L), Sb (0.0001, 0.0001 mg/L), Se (0.0003, 0.0003 mg/L), U (0.00045, 0.00065 mg/L) y Zn (0.012, 0.003 mg/L), siendo el sodio, aluminio y hierro los metales con concentraciones más elevadas, sin representar riesgo ambiental o sanitario, esto refleja una baja mineralización y estabilidad geológica del entorno, asimismo, se verificó que todas las concentraciones de metales pesados cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA, correspondiente al Reglamento de la Calidad del Agua para consumo humano. Ninguno de los parámetros analizados superó los valores de referencia, lo que evidencia la aptitud del agua para el consumo humano bajo las condiciones actuales de manejo y protección ambiental; finalmente, se concluye que las concentraciones de metales pesados en las aguas de los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina son bajas y estables, sin evidencias de contaminación significativa. Los resultados demuestran una composición química homogénea y segura, reflejando un adecuado estado de calidad ambiental y ausencia de fuentes contaminantes relevantes.

Palabras clave: Agua, Calidad, Concentración, Metales pesados, Reservorio.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the concentrations of heavy metals in the waters of reservoirs 1 and 3 of the Karina community in the Chucuito district, Puno - 2025. The study sample consisted of the waters of both reservoirs, where 18 metals were analyzed, following the parameters established for the evaluation of water quality. The concentrations in reservoirs 1 and 3 respectively were: Al (0.02, 0.02 mg/L), As (0.00072, 0.00036 mg/L), B (0.049, 0.055 mg/L), Ba (0.0473, 0.0536 mg/L), Cd (0.00003, 0.00002 mg/L), Cr (0.00061, 0.00025 mg/L), Cu (0.001, 0.001 mg/L), Fe (0.01, 0.01 mg/L), Hg (0.0005, 0.0005 mg/L), Mn (0.0011, 0.0005 mg/L), Mo (0.0002, 0.0002 mg/L), Na (2.51, 3.10 mg/L), Ni (0.0003, 0.0002 mg/L), Pb (0.0002, 0.0002 mg/L), Sb (0.0001, 0.0001 mg/L), Se (0.0003, 0.0003 mg/L), U (0.00045, 0.00065 mg/L) and Zn (0.012, 0.003 mg/L), being sodium, aluminum and iron the metals with the highest concentrations, without representing an environmental or health risk, this reflects a low mineralization and geological stability of the environment. Likewise, it was verified that all concentrations of heavy metals comply with the Maximum Permissible Limits (LMP) established in D.S. No. 031-2010-SA, corresponding to the Regulation of the Quality of Water for Human Consumption. None of the parameters analyzed exceeded reference values, demonstrating the suitability of the water for human consumption under current management and environmental protection conditions, finally, it is concluded that heavy metal concentrations in the waters of reservoirs 1 and 3 in the community of Karina are low and stable, with no evidence of significant contamination. The results demonstrate a homogeneous and safe chemical composition, reflecting an adequate state of environmental quality and the absence of significant sources of contamination.

Keywords: Water, Quality, Concentration, Heavy metals, Reservoir.

INTRODUCCIÓN

El agua dulce constituye uno de los recursos más valiosos para la vida en el planeta, al ser la principal fuente para el consumo humano, el riego agrícola y el hábitat de innumerables especies acuáticas (Vilca, 2022). No obstante, este recurso vital enfrenta una creciente presión debido a las actividades humanas que generan contaminación y deterioro de su calidad. Cada año, a nivel mundial, se vierten cientos de millones de toneladas de sustancias tóxicas al aire, al agua y al suelo, comprometiendo el equilibrio de los ecosistemas y la salud de las poblaciones (ONU, 2022).

En particular, los ecosistemas acuáticos han sido señalados como el origen de la vida en la Tierra; sin embargo, hoy se ven amenazados por la presencia de contaminantes persistentes, entre los cuales destacan los metales pesados. En la zona de estudio, los reservorios de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, existe preocupación por los posibles niveles de contaminación por estos elementos, lo que hace necesario evaluar sus concentraciones para conocer el grado de afectación y el riesgo que representan (Sampayo & Ariza, 2017).

Dentro de los metales pesados más relevantes en aguas superficiales se encuentran el cadmio (Cd), el cobre (Cu) y el arsénico (As), considerados como agentes altamente tóxicos y peligrosos para el ambiente y la salud humana. Su impacto se debe a su elevada estabilidad química y a la baja capacidad de degradación por parte de los organismos, lo que favorece su persistencia y acumulación en el medio. Estos metales no solo se bioacumulan en los tejidos de animales y plantas, sino que también pueden incorporarse a la cadena trófica, intensificándose a través del proceso de biomagnificación hasta llegar a los consumidores finales, incluido el ser humano, con consecuencias negativas para la salud.

En este contexto, resulta fundamental desarrollar estudios que permitan determinar la presencia y concentración de metales pesados en cuerpos de agua estratégicos para las comunidades locales. Por ello, la presente investigación tiene como finalidad evaluar las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina,

distrito de Chucuito, Puno, durante el año 2025, aportando información relevante para la gestión ambiental y la protección de la salud pública.

El desarrollo del presente documento se ha organizado en los siguientes apartados: en el Capítulo I se expone el problema de investigación, se presentan antecedentes internacionales, nacionales y locales, y se formulan los objetivos del estudio; en el Capítulo II se desarrolla el marco teórico, conceptual y la normatividad vigente, además de plantearse las hipótesis; en el Capítulo III se describe la metodología empleada, la zona de estudio, la población y muestra, así como los procedimientos estadísticos utilizados; en el Capítulo IV se presentan, analizan e interpretan los resultados obtenidos; finalmente, se incluyen las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial de forma masiva la contaminación por metales pesados es un problema creciente, causado principalmente por actividades antropogénicas. Las principales fuentes de contaminación incluyen la minería, la metalurgia, la agricultura, los vehículos de motor y los aportes naturales a ciertos acuíferos (Covarrubias & Cabriales, 2017)

La presencia de metales pesados en el agua, los alimentos y el aire es uno de los principales problemas del Perú. La alta toxicidad de estos elementos químicos tiene un impacto en la salud humana, pero también provoca daños irreversibles a la flora y la fauna y al medio ambiente en general, lo que a su vez tiene importantes impactos socioeconómicos. (Correa et al., 2021).

Así mismo manifiesta que los metales pesados en el agua y los sedimentos en una zona tan sensible deberían ser una preocupación importante como parte de la preocupación más amplia por el seguimiento de los problemas medioambientales a nivel de cuenca y microcuenca, ya que estos datos permitirán tomar mejores decisiones políticas. a nivel de los entes locales y regionales e incluso del gobierno central. Cabe señalar que las cuencas hídricas son receptoras de vertidos antropogénicos, por lo que los metales pesados tienden a depositarse en los sedimentos de los ríos, por lo que estos mismos ríos se convierten en las principales rutas de transporte de elementos químicos (Correa et al., 2021).

Durante las últimas décadas en Puno, el problema de la contaminación ha empeorado como resultado de los efectos combinados de la expansión urbana, la mala gestión de los desechos sólidos y las prácticas inadecuadas de saneamiento e higiene, todo lo cual ha empeorado gravemente, que afectan el medio ambiente y la salud humana (Quispe, 2024).

La comunidad de Karina a pesar de encontrarse a orillas del lago Titicaca, basa todo su consumo de agua a partir de los reservorios 1 y 3, los cuales se encuentran en funcionamiento en los sectores Taccapiñi y Kantutani, en dicha zona no se tiene antecedentes de realización de un análisis de metales pesados del agua que consumen los habitantes, y es una preocupación de los comuneros de saber si el agua que consumen están libres de éstos metales y más aún porque proyectos de agua potable en éstos lugares simplemente no están programados por el gobierno local o regional. Por lo tanto, en este estudio es necesario evaluar el nivel de concentración de los metales pesados, planteándonos las siguientes preguntas:

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son las concentraciones de metales pesados en aguas de los reservorios 1 y 3 de acuerdo a los LMP del DS 031-2010-SA en la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno -2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de la C.C. Karina, distrito de Chucuito, Puno – 2025?
- ¿Las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, cumplirán con los LMP del DS 031-2010-SA?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Patiño y Sánchez (2020), realizaron un estudio sobre la presencia de metales pesados en el río Ocoa, ubicado en Villavicencio-Meta, se evaluaron seis muestras recolectadas en diferentes épocas del año, tanto en temporada de lluvias como en época seca, incluyendo además ocho muestras puntos donde se identificaron descargas directas. Utilizando el método espectrofotométrico UV-VIS, los investigadores detectaron concentraciones de plomo, cromo y zinc que excedían considerablemente los límites permitidos por la normativa ambiental vigente. En los puntos de muestreo, los niveles de plomo y cromo sobrepasaron en su totalidad los valores establecidos, mientras que el zinc lo hizo en un 83,3%. En cuanto a las descargas, también se registraron niveles elevados: 62,5% en plomo, 50% en cromo y 100% en zinc. Estos resultados indican una grave contaminación que pone en riesgo tanto la salud humana como el equilibrio ecológico del área.

Torres (2023), evaluó la contaminación por metales pesados en la bahía de Coronel, se analizaron sedimentos recolectados en los meses de febrero y agosto, empleando indicadores específicos como el índice de geoacumulación. Los resultados evidenciaron una acumulación significativa de arsénico (As) y cobre (Cu), superando los niveles naturales del ecosistema, lo que permitió clasificarlos como un caso de enriquecimiento moderado. Además, mediante el índice de carga contaminante se identificó un deterioro progresivo en el centro de la bahía, asociado a altas concentraciones de arsénico. No obstante, pese a la presencia elevada de este metal, no se concluyó que represente un riesgo directo para la salud pública ni para el entorno acuático. En cuanto al cobre, su abundancia en los sedimentos de ambos puntos muestreados se atribuye a la intensa actividad minera desarrollada en las zonas de Coronel y Lota.

Biswal y Balasubramanian (2023), en su revisión científica titulada *“Uso de biocarbón como adsorbente de bajo costo para la eliminación de metales pesados del agua y aguas residuales”*, destacan el potencial del biocarbón como una solución eficiente, ecológica y

económica para enfrentar la problemática de la contaminación por metales pesados en distintos cuerpos de agua. Su análisis abarca tanto aguas subterráneas como aguas residuales, demostrando que este material tiene una alta capacidad para remover metales tóxicos como el arsénico (As), el cromo (Cr), el manganeso (Mn), el plomo (Pb), el cobre (Cu), el cadmio (Cd) y el zinc (Zn). Su efectividad como adsorbente depende de varios factores, entre ellos la composición química del agua, la presencia de otros iones competidores, etc. Los autores resaltan que, gracias a su bajo impacto ambiental, mínima demanda energética y bajo costo de producción, el biocarbón representa una alternativa sustentable para el tratamiento de aguas contaminadas. Además, señalan que esta tecnología podría ser especialmente útil en contextos rurales o en regiones con recursos limitados, donde el acceso a tecnologías de purificación avanzadas es escaso.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Gutiérrez (2023), en su investigación titulada “Evaluación de metales pesados en el agua para el desarrollo de la piscicultura en el distrito de Chicla - Huarochirí 2022”, analizó la calidad del recurso hídrico con el fin de determinar su idoneidad para el cultivo de truchas. El estudio se centró en la medición de siete metales pesados (arsénico, cobre, mercurio, níquel, plomo, selenio y zinc), tanto en temporada de avenida (época de lluvias) como en estiaje (época seca). Durante los meses de avenida, se identificó que el plomo alcanzó una concentración de 0.0068 mg/L en enero, valor que excede el límite permitido según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua, siendo el único metal que superó dicho umbral. En cambio, los demás elementos se mantuvieron dentro de los márgenes normativos, destacando el arsénico con 0.00494 mg/L en marzo y el zinc con 0.032 mg/L en enero. En la época de estiaje, todas las concentraciones registradas estuvieron por debajo de los límites establecidos, incluyendo el plomo (0.0024 mg/L en abril) y el zinc (0.0959 mg/L en junio), lo cual refleja una mejor calidad del agua durante esta temporada. En general, los resultados permitieron concluir que el agua analizada es adecuada para el desarrollo de la piscicultura, en particular para el cultivo de truchas, cumpliendo con los estándares ambientales exigidos.

Calero (2023), llevó a cabo la evaluación de la presencia de metales pesados en el agua superficial de la desembocadura del río Chancay, en la provincia de Huaral, correspondiente al año 2021. Su investigación incluyó el análisis de seis elementos: aluminio, arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo, los cuales fueron evaluados conforme a los criterios establecidos en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM (categoría 1) y los valores de referencia propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para riesgos potenciales a la salud. Los resultados mostraron concentraciones variables, entre ellas: aluminio (0.018 a 0.025 mg/L), arsénico (0.002 a 0.047 mg/L), cadmio (0.005 a 0.007 mg/L), cromo (0.020 a 0.032 mg/L), níquel (0.001 a 0.008 mg/L) y plomo (0.023 a 0.051 mg/L). De todos estos metales, únicamente el plomo presentó niveles superiores a los establecidos por las normas de calidad ambiental y los criterios sanitarios de la OMS, lo que sugiere una posible amenaza para la salud humana y el equilibrio ecológico. En cambio, los demás metales se mantuvieron dentro de los límites aceptables para aguas destinadas a actividades recreativas, lo que indica una situación ambiental que, si bien es preocupante en algunos puntos, aún se encuentra parcialmente controlada.

Carhuaricra (2024), evaluó la calidad del agua como parte del control y protección ambiental de la U.E.A. Breapampa - Provincia de Parinacochas, en la región de Ayacucho en 2021. Abordó un enfoque integral que incluyó tanto parámetros de campo como análisis de laboratorio para valorar el estado del agua en distintas estaciones de monitoreo. Se evaluaron variables como pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y caudal, las cuales, según los datos obtenidos en las estaciones BP-W6 (BP-W2) y BP-W8 (BP-W1), se encontraron dentro de los rangos aceptables conforme al D.S. N°004-2017-MINAM. Asimismo, los resultados de laboratorio revelaron que sustancias como aceites, grasas y cianuro también se mantenían dentro de los valores normativos. De manera complementaria, se registraron concentraciones de diversos metales (aluminio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobalto, cobre, cromo, hierro, litio, mercurio, níquel, plomo, selenio y zinc), todos ellos en niveles compatibles con lo establecido por la normativa vigente. Sin embargo, se identificaron dos excepciones: en

la estación BP-W6 (BP-W2), el manganeso superó los valores permitidos para la categoría 3 (D1 y D2), al igual que el magnesio que excedió el valor permitido para la categoría D2. Estas anomalías sugieren la necesidad de fortalecer las medidas de control y seguimiento ambiental en dicha unidad minera. El estudio concluye que la evaluación permanente de la calidad del agua es crucial para garantizar una gestión ambiental efectiva y prevenir impactos negativos en los ecosistemas circundantes.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

Quispe et al. (2019), en su estudio titulado “Concentración de metales pesados: Cromo, Cadmio y Plomo en los sedimentos superficiales en el río Coata, Perú”, llevaron a cabo una evaluación ambiental centrada en la contaminación por metales pesados en cuerpos de agua, sedimentos y otros elementos de la biodiversidad local. El estudio se realizó en dos momentos clave del año 2017, durante la temporada de lluvias (avenida) y la de sequía (estiaje), abarcando cinco puntos estratégicos a lo largo del río Coata. Se registraron concentraciones que oscilaron entre 4.10 y 28.42 mg/kg para cromo (Cr), entre 0.10 y 0.70 mg/kg para cadmio (Cd), y entre 3.75 y 16.50 mg/kg para plomo (Pb). Lo preocupante fue que incluso algunos de los valores más bajos superaron los límites mínimos establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo emitidos por el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM), lo que evidenció una situación de riesgo ambiental. Los autores atribuyen esta contaminación principalmente a las actividades humanas, en especial al vertido de aguas residuales provenientes de la ciudad de Juliaca, lo que resalta la urgencia de implementar políticas efectivas de tratamiento de aguas y control de fuentes contaminantes.

Salas et al. (2020), desarrollaron una investigación titulada “Distribución de metales pesados y metaloides en aguas superficiales y sedimentos del Río Crucero, Perú”, en la cual se analizaron muestras de agua y sedimentos recogidas a lo largo del río. A través de técnicas de espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-AES), se determinaron las concentraciones de cadmio (Cd), zinc (Zn) y arsénico (As). Si bien en el agua las concentraciones de estos metales no superaron los valores

establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental ni por las normativas internacionales, el valor del pH superior a 8.5 implicó que el agua no era apta para el consumo humano, contraviniendo las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud. Por otro lado, los sedimentos sí mostraron evidencias claras de contaminación por los tres metales analizados, lo cual plantea una amenaza latente para la salud de los ecosistemas acuáticos y posiblemente para la salud humana, considerando la capacidad de los sedimentos para actuar como reservorios de metales que pueden ser liberados con cambios en las condiciones ambientales.

Huaricallo et al. (2023), en su estudio “Determinación de los niveles de mercurio en los reservorios de agua de consumo humano comercializados en el centro poblado La Rinconada, Ananea - Puno, 2022”, realizaron un análisis específico de la concentración de mercurio (Hg) en distintas zonas del centro poblado. Las mediciones revelaron que en Riticucho los niveles oscilaron entre 0.00001 y 0.00021 mg/L; en San Jorge, entre 0.0002 y 0.00557 mg/L; en San Francisco, entre 0.00002 y 0.00008 mg/L; y en Tres de Mayo, entre 0.00001 y 0.00008 mg/L. La conclusión general del estudio fue que el 82.89% de las muestras se encontraban por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la OMS y el MINAM, lo que sugiere que, en términos generales, el agua comercializada para consumo humano en estas zonas no presenta un nivel preocupante de mercurio. Además, no se identificaron diferencias significativas entre los niveles de este metal en las diferentes zonas evaluadas, lo que indica una distribución relativamente uniforme y controlada del contaminante.

Choque (2023), llevó a cabo el estudio “Evaluación del grado de contaminación por metales pesados del agua en la playa turística San Juan de la ciudad de Juli, 2022”, con el objetivo de determinar la calidad del agua en un espacio recreativo frecuentado por la población. Se tomaron muestras en cinco puntos distintos, con dos repeticiones por cada uno, para analizar la concentración de metales como cobre (0.042 mg/L), manganeso (0.570 mg/L), hierro (0.4 mg/L), níquel (0.0066 mg/L) y zinc (1.29 mg/L). Al comparar los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental del agua, se observó que las

concentraciones de zinc, níquel y cobre se mantenían dentro de los límites permitidos. Sin embargo, los valores de manganeso y hierro excedieron los niveles establecidos, lo cual representa un riesgo para los ecosistemas acuáticos y puede afectar la seguridad del uso recreativo del agua. Este hallazgo subraya la necesidad de implementar mecanismos de monitoreo y control ambiental más rigurosos en zonas turísticas naturales, especialmente aquellas cercanas a centros poblados con posibles fuentes de contaminación.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar las concentraciones de metales pesados en aguas de los reservorios 1 y 3 de acuerdo a los LMP del DS 031-2010-SA. de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno -2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno -2025.
- Verificar si las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, cumplen con los LMP del DS 031-2010-SA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua hace referencia al conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan su estado natural o modificado por la intervención humana. Esta calidad implica, principalmente, la ausencia de agentes contaminantes o cuerpos extraños en las fuentes hídricas, garantizando así su aptitud para diversos usos como el consumo humano, la agricultura, la industria y la conservación ambiental. Sin embargo, el impacto de las actividades humanas ha alterado significativamente muchos cuerpos de agua, generando desafíos en su gestión y control. En este contexto, se ha observado una creciente presencia de microorganismos patógenos y bacterias en el agua potable, situación que ha desencadenado brotes de enfermedades en la población, especialmente en áreas urbanas donde el tratamiento del agua resulta insuficiente (Choque, 2023).

2.1.2. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Se define como la alteración indeseable de las condiciones naturales del aire, el suelo y el agua, producto de la introducción de agentes contaminantes que afectan negativamente los ecosistemas y, por ende, la salud humana y de otras especies. Estos cambios en la composición de los sistemas naturales se derivan, en su mayoría, de una gestión inadecuada de los residuos sólidos, líquidos y gaseosos generados por diversas actividades humanas. Cuando dichos contaminantes ingresan al sistema hídrico, modifican la estructura y calidad del recurso, afectando tanto su disponibilidad como su

utilidad. Los impactos ambientales, en este sentido, representan una amenaza directa a la sostenibilidad de los recursos naturales (Choque, 2023).

2.1.3. CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Entre las principales causas de la contaminación ambiental se encuentran las actividades antropogénicas, particularmente aquellas vinculadas a los procesos productivos. La explotación de recursos naturales no renovables, como el petróleo, los minerales metálicos y no metálicos, así como la generación de energía, la expansión industrial y ciertas prácticas agrícolas intensivas, contribuyen significativamente a la degradación del medio ambiente. Estas actividades, aunque esenciales para el desarrollo económico, generan residuos y emisiones que alteran los ecosistemas si no se gestionan de forma adecuada (Alberth, s. f.).

2.1.4. CONTAMINACIÓN HÍDRICA

La contaminación hídrica se refiere a la incorporación directa o indirecta de sustancias contaminantes a cuerpos de agua, lo que provoca un deterioro progresivo de su calidad y altera sus propiedades fundamentales. A diferencia de los procesos naturales, la mayoría de los contaminantes que afectan las fuentes de agua provienen de la acción humana. Uno de los efectos más notorios de esta contaminación es la eutrofización, proceso en el cual el exceso de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, genera un crecimiento descontrolado de algas que agotan el oxígeno disuelto en el agua. Asimismo, la presencia de metales pesados, ácidos y compuestos químicos peligrosos altera la composición del agua, pudiendo generar intoxicaciones y severos daños a los organismos acuáticos y a la salud humana (Torres, 2022).

2.1.5. CONTAMINACIÓN DE MANANTIALES

Desde la década de 1990, la contaminación del agua ha mostrado un incremento significativo, afectando a la mayoría de los ríos en regiones como América Latina, Asia y África. Este deterioro se debe, en gran medida, a la descarga creciente de aguas residuales sin tratamiento adecuado, lo cual genera una sobrecarga de contaminantes en los sistemas hídricos naturales. A ello se suma el uso insostenible del suelo,

especialmente en áreas cercanas a cuerpos de agua, lo que provoca procesos acelerados de erosión (Vilca, 2022).

Los manantiales, que se forman a partir del agua subterránea que asciende a la superficie, dependen de múltiples factores para mantener su pureza y estabilidad. Entre ellos destacan la cobertura vegetal circundante, las condiciones climáticas, y, de manera crítica, la intervención humana en el entorno. A medida que el agua fluye desde las capas profundas del subsuelo hacia la superficie, atraviesa diferentes materiales como suelos, formaciones rocosas y áreas urbanas, lo que la expone a sales minerales, microorganismos y partículas suspendidas. Además, durante su recorrido, el agua puede experimentar diversas reacciones químicas y biológicas que modifican su composición (Vilca, 2022).

2.1.6. METALES PESADOS

Los metales pesados son elementos químicos con propiedades metálicas que se caracterizan por tener una alta densidad relativa y un peso atómico considerable, que puede variar entre aproximadamente 63.5 y 299.5 unidades. Una de sus particularidades es que, al reaccionar químicamente, tienden a formar cationes al perder uno o más electrones, lo que les confiere una elevada reactividad en diversos medios, incluidos los sistemas biológicos (Sampayo & Ariza, 2017).

Según Sampayo y Ariza, (2017), estos elementos son considerados altamente peligrosos debido a su capacidad para bioacumularse, es decir, para concentrarse progresivamente en los tejidos de los organismos vivos a lo largo del tiempo, superando los niveles presentes en el ambiente. Esta característica los convierte en una amenaza tanto para los ecosistemas como para la salud pública. La exposición prolongada a metales pesados puede provocar múltiples efectos adversos:

- En el caso de las plantas, puede ocasionar la disminución del rendimiento agrícola e incluso la muerte de los cultivos.
- En los suelos, estos metales contribuyen a la degradación de la estructura y fertilidad, afectando la productividad agrícola.

- En los ecosistemas acuáticos, se acumulan en los tejidos grasos de los organismos, alterando las cadenas tróficas y amenazando la biodiversidad.
- En los seres humanos, se relaciona con graves problemas de salud, incluyendo afecciones neurológicas, renales y respiratorias, entre otras.

2.1.7. TOXICIDAD DE METALES PESADOS

La toxicidad de los metales pesados varía según su concentración y el tiempo de exposición. Cuando se encuentran en niveles elevados, estos elementos pueden generar efectos perjudiciales tanto en la salud humana como en el equilibrio de los ecosistemas. Aunque algunos metales pesados tienen funciones biológicas específicas en cantidades muy pequeñas, su acumulación excesiva representa un riesgo considerable. En los seres humanos, su presencia en altas concentraciones puede provocar alteraciones neurológicas severas. Por su parte, el cadmio, al acumularse en los tejidos del organismo humano, particularmente en los riñones, puede causar insuficiencia renal progresiva. En términos ambientales, tanto el cadmio como el plomo pueden permanecer en el suelo y en los cuerpos de agua durante largos periodos, afectando a los organismos y alterando el funcionamiento de los ecosistemas naturales (Elosegi & Sabater, 2009).

2.1.8. EFECTOS SOBRE LA SALUD CAUSADOS POR AGENTES PATÓGENOS PRESENTES EN EL AGUA

El agua contaminada con agentes patógenos representa una amenaza directa para la salud pública. Estos microorganismos, como bacterias, virus y parásitos, pueden ingresar al organismo humano principalmente a través del consumo de agua no tratada, aunque también existen otras vías de exposición, como el contacto con aguas contaminadas o el consumo de alimentos lavados con agua insalubre. A mayor presencia de estos patógenos en el agua, mayor es el riesgo de contraer enfermedades infecciosas, como diarreas agudas, cólera, fiebre tifoidea, entre otras. Además, la presencia de metales pesados en el agua, además de representar una forma de contaminación química, puede tener efectos tóxicos acumulativos. Por tanto, la contaminación del agua, tanto por

agentes biológicos como químicos, requiere una atención urgente desde la perspectiva de la salud pública y la gestión ambiental (Vilca, 2022).

Tabla 01: Efectos de metales pesados en la salud humana.

METALES PESADOS PRINCIPALES	POSIBLES EFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA
ARSÉNICO	Puede provocar intoxicación crónica conocida como arsenicismo. Sus efectos incluyen lesiones cutáneas, alteraciones gastrointestinales.
COBALTO	La exposición excesiva puede provocar afecciones pulmonares, como fibrosis o asma ocupacional, e interferencias con la tiroides y el corazón.
CROMO	Puede causar irritación en la piel, los ojos y el sistema respiratorio. Su exposición prolongada se ha vinculado con cáncer de pulmón, daño renal y hepático.
COBRE	Sus efectos incluyen náuseas, vómitos, dolor abdominal, daño hepático e insuficiencia renal.
MERCURIO	Puede afectar gravemente el sistema nervioso central, causando temblores, pérdida de memoria, alteraciones cognitivas y motoras.
PLOMO	Afecta principalmente el sistema nervioso, causando disminución del coeficiente intelectual, problemas de aprendizaje y comportamiento, especialmente en niños.
ZINC	Puede causar efectos adversos como náuseas, vómitos, diarrea, dolores estomacales y alteraciones en la absorción de otros minerales como el cobre y el hierro.

Fuente: (ATSDR, 2022)

2.1.9. CONTAMINACIÓN DE AGUA POR METALES PESADOS

La presencia de metales pesados en cuerpos de agua representa una de las formas más preocupantes de contaminación, ya que estos elementos no solo son tóxicos en concentraciones elevadas, sino que también poseen una alta persistencia en el ambiente. Su origen puede ser tanto natural, como producto de procesos geológicos o de erosión de minerales, como también antrópico, principalmente debido a actividades industriales, mineras, agrícolas y urbanas. Una vez introducidos en el entorno acuático, los metales pesados interactúan con el ecosistema y pueden acumularse en los sedimentos y en la biota, afectando de manera directa la salud de los organismos y, en última instancia, de las personas que dependen de estos recursos hídricos (León, 2020).

2.1.10. PROTOCOLO NACIONAL PARA MONITOREO DE CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Con el objetivo de garantizar una gestión adecuada de los recursos hídricos, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) del Perú aprobó el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales mediante la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, emitida el 11 de enero de 2016. Este documento técnico establece los lineamientos, criterios y procedimientos que deben seguirse para realizar un seguimiento sistemático y estandarizado de la calidad del agua, tanto en cuerpos de agua continentales como en ecosistemas marinos costeros. El Protocolo busca asegurar que las actividades de monitoreo se desarrollen con criterios científicos y logísticos consistentes, permitiendo obtener datos confiables y comparables a nivel nacional (ANA, 2019).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Agua: Es un compuesto esencial para la vida y el desarrollo de los ecosistemas. Se caracteriza por tener propiedades físicas y químicas únicas, como su capacidad para disolver una gran variedad de sustancias (Torres, 2022).

Agua para consumo humano: Se refiere al agua que, tras someterse a un tratamiento adecuado, cumple con los estándares de calidad exigidos por la normativa sanitaria

vigente. Esta agua es segura para el consumo directo, así como para otras actividades cotidianas como el aseo personal, la preparación de alimentos y la higiene del hogar (Decreto Supremo N° 031-2010-SA).

Agua superficial: Son cuerpos de agua que se encuentran en la superficie terrestre, ya sea en movimiento (como ríos y arroyos) o en reposo (como lagos y lagunas). Su visibilidad y acceso hacen que sean los más susceptibles a la contaminación por actividades humanas y fenómenos naturales (Torres, 2022).

Calidad de agua: Es el conjunto de características físicas, químicas, microbiológicas y parasitológicas que debe cumplir el agua para ser considerada potable o apta para un uso específico. Estas condiciones están reguladas por estándares nacionales e internacionales (Decreto Supremo N° 031-2010-SA).

Concentración: Hace referencia a la cantidad de una sustancia (solute) disuelta en una cantidad determinada de disolvente. En el contexto ambiental, la concentración de un contaminante es un indicador clave para evaluar el nivel de riesgo que representa para la salud y el ambiente (Vilca, 2022).

Condiciones medioambientales: Son el conjunto de factores físicos (como clima, relieve, agua) y biológicos (como flora y fauna) que determinan la dinámica de los ecosistemas en un área determinada. Estos factores influyen en la forma de vida y la distribución de las especies (León, 2020).

Contaminante: Es cualquier sustancia, elemento o forma de energía que, al incorporarse en un medio natural, altera sus condiciones originales, afectando negativamente a los seres vivos o al equilibrio ambiental (Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM).

Contaminación: Consiste en la introducción de contaminantes en el ambiente que superan los límites establecidos por la normativa ambiental. Estos pueden actuar de forma acumulativa o sinérgica, afectando la salud humana, la biodiversidad y los ecosistemas en general (Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM).

Contaminantes antropogénicos: Son aquellos generados por las actividades humanas, como la minería, la industria, la agricultura o el vertido de residuos. Estos contaminantes

suelen tener un impacto más severo que los naturales debido a su concentración y persistencia (León, 2020).

Contaminación del agua: Hace referencia a la presencia de sustancias tóxicas, residuos líquidos o sedimentos en cuerpos de agua como ríos, mares, lagos o cuencas, que alteran su calidad natural y ponen en riesgo la salud humana y la biodiversidad (Decreto Supremo N° 031-2010-SA).

Metal pesado: Son elementos químicos con alta densidad atómica y peso molecular elevado. Muchos de ellos, como el plomo, el mercurio o el cadmio, pueden ser tóxicos para la salud humana y para el ambiente si se acumulan en niveles elevados (Torres, 2022).

Muestreo: Es el proceso técnico mediante el cual se recolectan y analizan muestras de agua para verificar su calidad. Se evalúan parámetros físicos, químicos y microbiológicos con el fin de comparar los resultados con las normas ambientales vigentes (Decreto Supremo N° 031-2010-SA).

Toxicidad: Es la capacidad de una sustancia para causar daño a un organismo vivo. Puede depender de la dosis, la vía de exposición y el tiempo de contacto. En el contexto ambiental, se refiere también al efecto acumulativo de ciertos contaminantes sobre los seres humanos y otras especies (Decreto Supremo N° 031-2010-SA).

2.3. MARCO NORMATIVO

Constitución Política del Perú 1993: La Constitución reconoce, en su artículo 2, inciso 22, el derecho fundamental de toda persona a vivir en un ambiente sano y equilibrado, señalando que es deber del Estado garantizar este derecho en función del bienestar y desarrollo integral del ser humano. Asimismo, el artículo 67 establece que el Estado es responsable de formular la política ambiental nacional.

Decreto Supremo N° 031-2010-SA: Normativa que establece disposiciones generales para el manejo y control de la calidad del agua destinada al consumo humano.

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: Tiene por finalidad integrar y actualizar las disposiciones contenidas en decretos anteriores, como el D.S. N° 002-2008-MINAM, D.S.

N° 023-2009-MINAM y D.S. N° 015-2015-MINAM. Este decreto aprueba y regula los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, diferenciando su aplicación en función de cuatro categorías y diversas subcategorías, lo cual permite una mejor evaluación del estado de los recursos hídricos en distintas zonas del país.

Ley de recursos hídricos N° 29338 y su reglamento: Esta ley constituye el marco normativo principal para la gestión integrada y sostenible del agua en el Perú. El artículo 36 resalta el derecho de los ciudadanos al uso básico del agua, promoviendo su utilización directa y eficiente. La norma busca garantizar que los recursos hídricos se administren de manera equitativa, priorizando el acceso para consumo humano y preservando su calidad (Ley N°29338).

Ley General del Ambiente N° 28611: Regula las bases del derecho ambiental en el Perú. En su artículo 133 establece los principios para la vigilancia ambiental, así como los mecanismos de control y sanción frente a la contaminación. Esta ley orienta las políticas públicas hacia la protección del entorno natural y el bienestar colectivo, con un enfoque preventivo y correctivo frente a los daños ambientales (Ley General de Ambiente 28611).

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Las concentraciones de metales pesados en aguas de los reservorios 1 y 3 de acuerdo a los LMP del DS 031-2010-SA. de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno -2025, son altas.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno -2025, son altas.
- Las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, no cumplen con los LMP del DS 031-2010-SA.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La comunidad de Karina está ubicada en el extremo sur de la península de Chucuito ubicado a orillas del Titicaca a 54 kilómetros al sur este del distrito de Puno, frente a la isla de Taquile y la península de Capachica, siendo sus límites, por el Norte: Lago Titicaca y comunidad de Luquina Chico, por el Sur con la comunidad de Churo, por el Este con el Lago Titicaca y por el Oeste con la comunidad de Luquina Grande, con una superficie de 165 hectáreas.

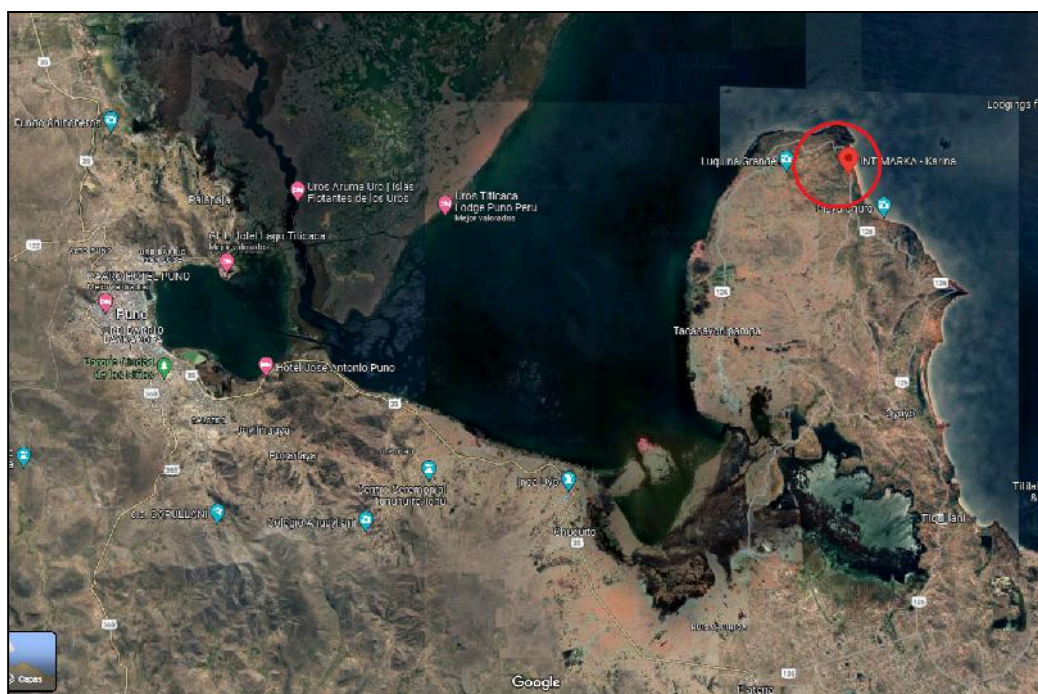


Figura 01: Ubicación referencial de la Comunidad de Karina en la península de Chucuito.

Fuente: Imagen adaptada del servidor de google maps.

3.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA

Departamento: Puno.
 Provincia: Puno.
 Distrito: Chucuito.
 Localidad: Comunidad de Karina.

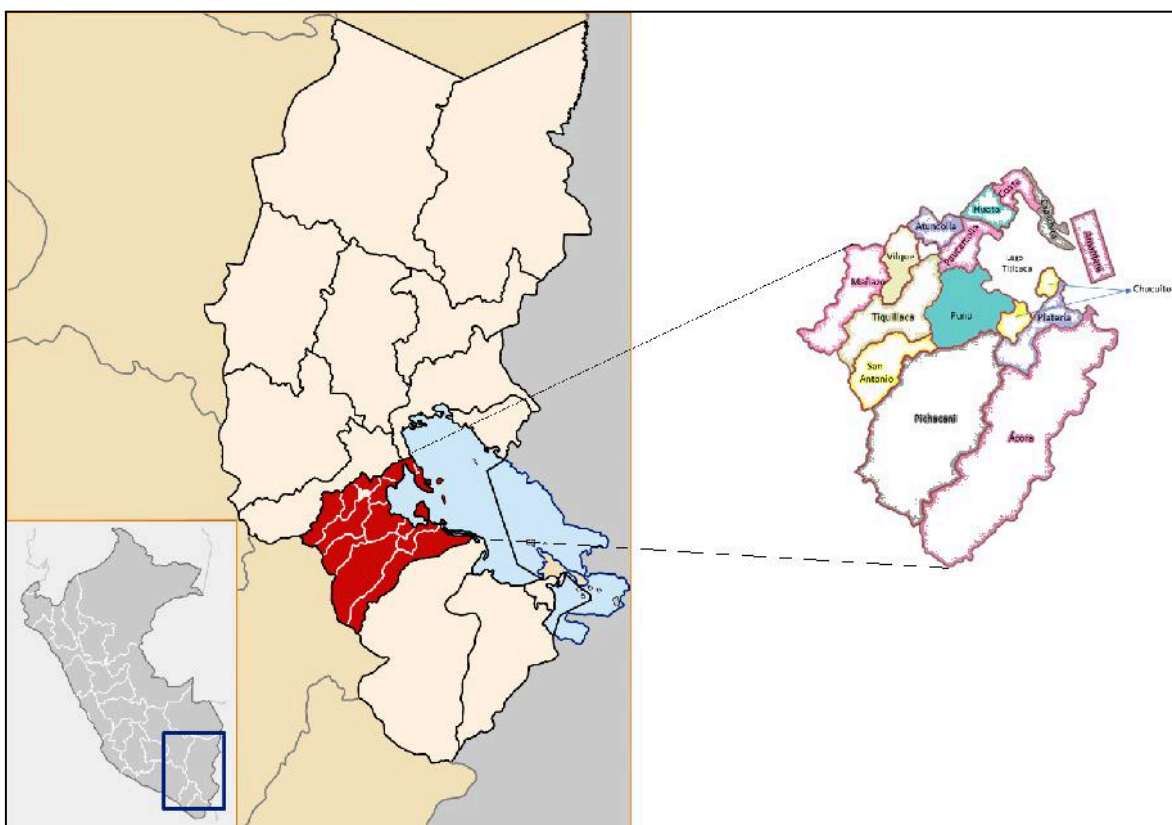


Figura 02: Ubicación del Distrito de Chucuito en la provincia de Puno.

3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

- ALTITUD: 3820 m.s.n.m.
- LATITUD: 15°79'.
- LONGITUD: 69°80'.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población está conformada por todo el cuerpo de agua proveniente de la fuente de captación que alimenta los reservorios 1 en el sector de Taccapiñi y el reservorio 3 en el sector de Kantutani de la comunidad de Karina.

3.2.2. MUESTRA

Solo se trabajará con una muestra representativa por cada reservorio, así mismo para esta investigación de acuerdo a resultados anteriores que puedan implicar problemas sociales por contaminación de metales pesados en el agua de la zona de estudio, es por ello que se trabajará con la autorización de los representantes de la comunidad.

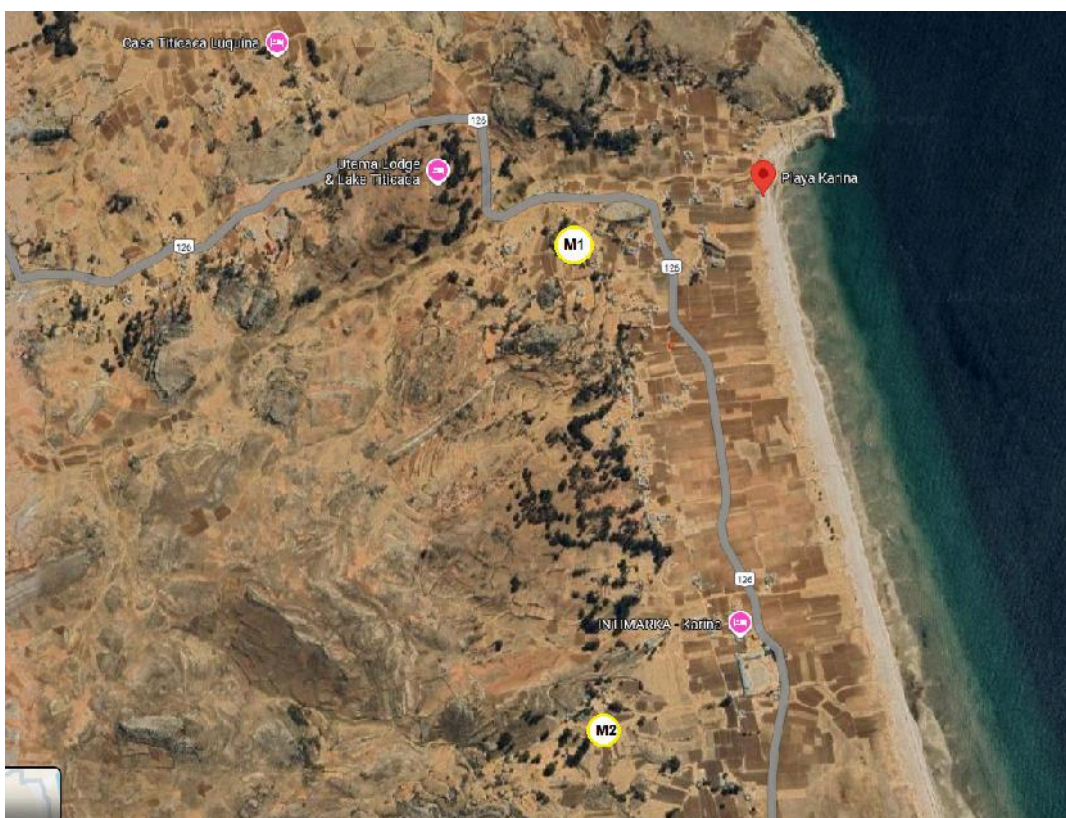


Figura 03: Ubicación de los puntos de muestreo en la comunidad de Karina.

Fuente: Google Maps

Tabla 02: Descripción de los puntos donde se tomará la muestra.

N°	Nombre	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
1	M1: Reservorio 1: Taccapiñi	-15.8005417, -69.806565
2	M2: Reservorio 3: Kantutani	-15.742135, -69.80744

Cada muestra estará conformada por **1.0 litros** de agua.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a la clasificación del tipo de investigación utilizada en el desarrollo de éste trabajo de investigación, se trata de una investigación descriptiva porque se tomaron muestras in situ.

3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es no experimental, es decir, se realizó sin manipulación intencional de variables, es decir, es una investigación en la que no se cambia intencionalmente la variable independiente para ver su efecto sobre otras variables.

3.3.3. TÉCNICAS

La técnica utilizada fué la observación a través de visitas exploratorias, por lo que se tomó 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 las especificaciones para muestreo por parte del Laboratorio donde se han llevado las muestras.

3.3.4. INSTRUMENTOS.

- **Protocolo Nacional de Monitoreo:** Establece los lineamientos técnicos para la toma de muestras, análisis de parámetros (físicoquímicos, microbiológicos, biológicos), frecuencia y métodos de muestreo, garantizando datos comparables y confiables.
- **Límites Máximos Permisibles (LMP) – D.S. N° 031-2010-SA:** Define los valores límite para parámetros que afectan la calidad del agua para consumo humano. Sirve como referencia para evaluar el cumplimiento normativo.
- **Ficha de Identificación de Puntos de Monitoreo:** Registra información clave del sitio de muestreo (ubicación, coordenadas, entorno, accesibilidad) para asegurar la trazabilidad y consistencia en futuras evaluaciones.
- **Formato de Cadena de Custodia:** Garantiza la integridad y trazabilidad de las muestras desde el campo hasta el laboratorio, validando los resultados obtenidos en procesos técnicos y legales.

3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO

Para determinar las concentraciones de los metales pesados (Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Manganeso, Molibdeno Sodio, Níquel, Plomo, Antimonio, Selenio, Uranio y Zinc), se detalla la metodología que se ha seguido:

- Selección de sitios de muestreo: Se identificaron los sitios de muestreo representativos en los reservorios 1 y 3 de la comunidad Karina, considerando factores como la geografía, la actividad industrial cercana que podrían influir en las concentraciones de metales pesados.
- Muestreo de agua: Se visitó el sitio de muestreo identificado y recolectó muestras de agua superficial en botellas de muestreo previamente limpias y aprobadas para uso de laboratorio. Se siguieron las prácticas de muestreo estandarizadas para garantizar la integridad de las muestras.
- Preparación de muestras: Una vez recolectadas las muestras, se procedió a su preservación y transporte al laboratorio. Las muestras se etiquetaron correctamente y almacenaron a temperaturas adecuadas para evitar la degradación de los contaminantes.
- Análisis de laboratorio: En el laboratorio, las muestras de agua se sometieron a análisis químicos para determinar las concentraciones de metales pesados.

Para comparar las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de la comunidad Karina con los LMP del DS N° 031-2010-SA.

- Establecimiento de criterios de evaluación: Se identificaron los LMP establecidos en el DS 031-2010-SA, éstos límites son los valores máximos permitidos para la concentración de cada metal en el agua, y se utilizaron como referencia para evaluar la calidad del agua.
- Análisis de datos: Se utilizaron los datos obtenidos durante el muestreo y análisis de agua (siguiendo la metodología previamente descrita).
- Comparación con los LMP: Se han comparado las concentraciones medidas de metales pesados con los LMP establecidos en la normativa, luego se determinó si las

concentraciones encontradas están por encima o por debajo de estos límites y en qué medida.

- Análisis de resultados: Se evaluaron los resultados de la comparación para determinar si las concentraciones de metales pesados cumple con los estándares establecidos en la normativa vigente.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 03: Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
V. I. Concentración de metales pesados.	La concentración de metales en aguas superficiales puede ser de metales disueltos o de metales pesados dependiendo de su ubicación.	Concentración de: Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Manganeso, Molibdeno, Sodio, Níquel, Plomo, Antimonio, Selenio, Uranio y Zinc.	µg/L (microgramos por litro) o mg/L

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN LOS RESERVORIOS 1 Y 3 DE LA COMUNIDAD DE KARINA DEL DISTRITO DE CHUCUITO, PUNO -2025.

Tabla 04: Concentraciones de metales pesados en el Reservorio 01- Karina.

Metales pesados	UNIDAD	Concentración
Aluminio	mg/L	0.02000
Arsénico	mg/L	0.00072
Boro	mg/L	0.04900
Bario	mg/L	0.04730
Cadmio	mg/L	0.00003
Cromo	mg/L	0.00061
Cobre	mg/L	0.00100
Hierro	mg/L	0.01000
Mercurio	mg/L	0.00050
Manganeso	mg/L	0.00110
Molibdeno	mg/L	0.00020
Sodio	mg/L	2.51000
Níquel	mg/L	0.00030
Plomo	mg/L	0.00020
Antimonio	mg/L	0.00010
Selenio	mg/L	0.00030

Metales pesados	UNIDAD	Concentración
Uranio	mg/L	0.00045
Zinc	mg/L	0.01200

De acuerdo a los resultados de la tabla 04, Los resultados obtenidos muestran que el agua del Reservorio 01 – Karina presenta presencia detectable de todos los metales analizados, aunque en diferentes magnitudes. En general, las concentraciones son bajas en la mayoría de los elementos, con algunas variaciones entre los metales esenciales y los potencialmente tóxicos.

El sodio (Na) muestra la mayor concentración (2.51000 mg/L), lo cual es esperable, ya que este elemento suele encontrarse en niveles más elevados de forma natural en cuerpos de agua debido a procesos de disolución de sales minerales o infiltraciones naturales del suelo.

El boro (B) y el bario (Ba) también presentan concentraciones relativamente mayores (0.04900 mg/L y 0.04730 mg/L, respectivamente), lo que indica la posible influencia de materiales geológicos ricos en estos elementos o de procesos de arrastre superficial.

Por otro lado, los metales hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn) presentan valores moderados (0.01000 mg/L, 0.00110 mg/L y 0.01200 mg/L, respectivamente), lo que podría relacionarse con la composición mineral del suelo o la presencia de sedimentos metálicos naturales.

En contraste, se observan concentraciones muy bajas en los elementos cadmio (Cd), plomo (Pb), arsénico (As), cromo (Cr), níquel (Ni) y mercurio (Hg), que suelen tener origen en trazas naturales o aportes difusos. La detección de estos metales, aunque mínima, confirma que existe un trasfondo geoquímico metálico en el reservorio, posiblemente derivado del entorno geológico o del escurrimiento superficial.

Asimismo, los valores de molibdeno (Mo), antimonio (Sb), selenio (Se) y uranio (U) son también muy bajos, evidenciando únicamente su presencia en trazas.

En síntesis, el Reservorio 01 presenta una composición acuática donde predominan los metales alcalinos y alcalinotérreos (Na, B, Ba), seguidos de trazas de metales de transición y metaloides. La baja concentración general sugiere un entorno poco influenciado por actividades antrópicas directas, aunque refleja la presencia natural de elementos metálicos característicos del medio geológico local.

Tabla 05: Concentraciones de metales pesados en el Reservorio 03- Karina.

Metales pesados	UNIDAD	Concentración
Aluminio	mg/L	0.02000
Arsénico	mg/L	0.00036
Boro	mg/L	0.05500
Bario	mg/L	0.05360
Cadmio	mg/L	0.00002
Cromo	mg/L	0.00025
Cobre	mg/L	0.00100
Hierro	mg/L	0.01000
Mercurio	mg/L	0.00050
Manganeso	mg/L	0.00050
Molibdeno	mg/L	0.00020
Sodio	mg/L	3.10000
Níquel	mg/L	0.00020
Plomo	mg/L	0.00020
Antimonio	mg/L	0.00010
Selenio	mg/L	0.00030
Uranio	mg/L	0.00065
Zinc	mg/L	0.00300

Los resultados de la tabla 05, muestran que en el Reservorio 03 - Karina todos los metales pesados analizados se encuentran presentes en concentraciones detectables,

con valores en general bajos, lo cual sugiere un ambiente acuático con baja carga metálica disuelta, posiblemente de origen natural.

El elemento con la mayor concentración es el sodio (Na), con 3.10000 mg/L, evidenciando su predominio en la composición iónica del agua. Este comportamiento es habitual, ya que el sodio es uno de los principales componentes disueltos en aguas naturales, proveniente de la disolución de sales y minerales del suelo.

Le siguen el boro (B) y el bario (Ba), con 0.05500 mg/L y 0.05360 mg/L, respectivamente. Ambos elementos suelen asociarse con procesos geogénicos, especialmente en zonas con formaciones sedimentarias o actividad hidrotermal leve, indicando su origen natural en el entorno.

En el grupo de los metales de transición, el hierro (Fe) presenta una concentración de 0.01000 mg/L, mientras que el cobre (Cu) y el manganeso (Mn) registran valores de 0.00100 mg/L y 0.00050 mg/L, respectivamente. Estos valores indican la presencia de elementos esenciales en pequeñas cantidades, probablemente derivados de la disolución de minerales o partículas del suelo.

Los elementos arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), níquel (Ni), plomo (Pb) y mercurio (Hg) aparecen en concentraciones traza, con valores comprendidos entre 0.00002 mg/L y 0.00050 mg/L, reflejando una presencia mínima que puede estar relacionada con la composición natural de las rocas locales o con la deposición atmosférica.

Asimismo, los metales y metaloides menos abundantes como molibdeno (Mo), antimonio (Sb), selenio (Se) y uranio (U) también muestran valores muy bajos. Cabe resaltar que el uranio (0.00065 mg/L) presenta una ligera elevación respecto a otros elementos traza, lo cual podría estar vinculado a la mineralogía específica del subsuelo, ya que este elemento suele asociarse con rocas ígneas o sedimentos fosfatados.

En conjunto, el perfil químico del Reservorio 03 se caracteriza por la dominancia de sodio, boro y bario, seguidos de bajas concentraciones de metales de transición y trazas de elementos pesados. La uniformidad en los valores y la baja magnitud general sugieren

que el sistema acuático mantiene una condición geoquímica estable, con aportes naturales y sin evidencias de contaminación metálica significativa.

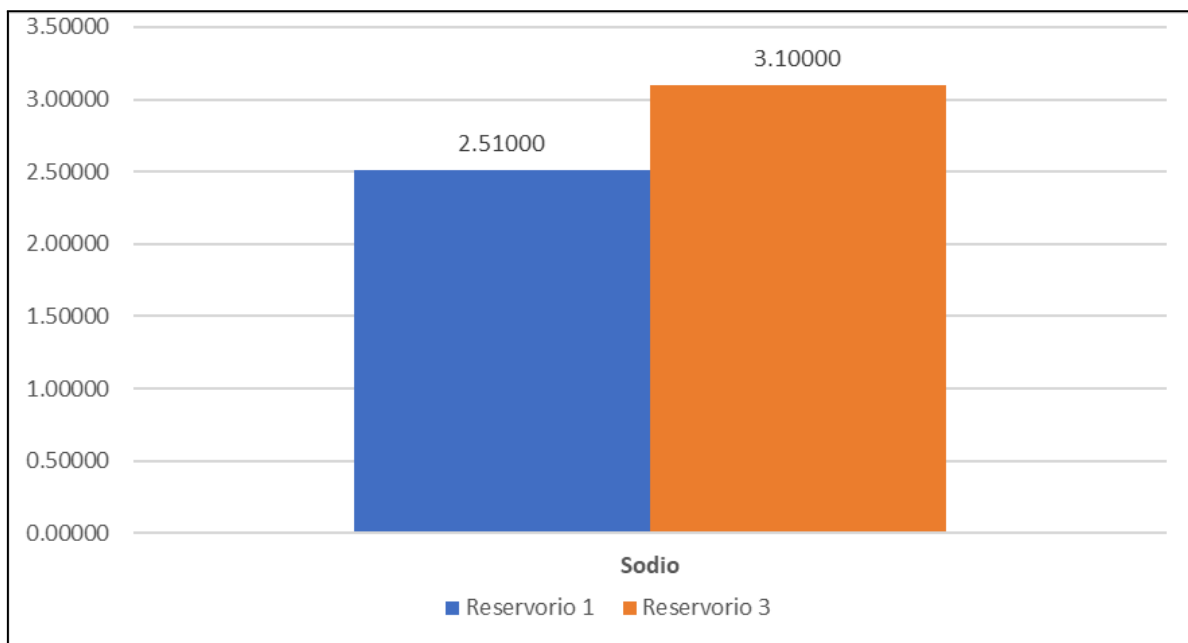


Figura 04: Comparación de la concentración de Sodio entre los 2 reservorios.

En la figura 04, se ha separado el análisis comparativo de la cantidad de sodio en ambos reservorios, debido a que es el único valor que no se expresa en decimales, permitiendo mostrar de manera gráfica mejor la información entre la tabla 04 y la tabla 05.

En síntesis, ambos reservorios presentan características químicas muy similares, con ligeras diferencias que reflejan la dinámica natural del entorno acuático. El reservorio 03 exhibe una tendencia hacia mayores concentraciones de sodio, boro y bario, lo que indica una mayor mineralización del agua, mientras que el reservorio 01 conserva niveles ligeramente superiores de algunos metales traza.

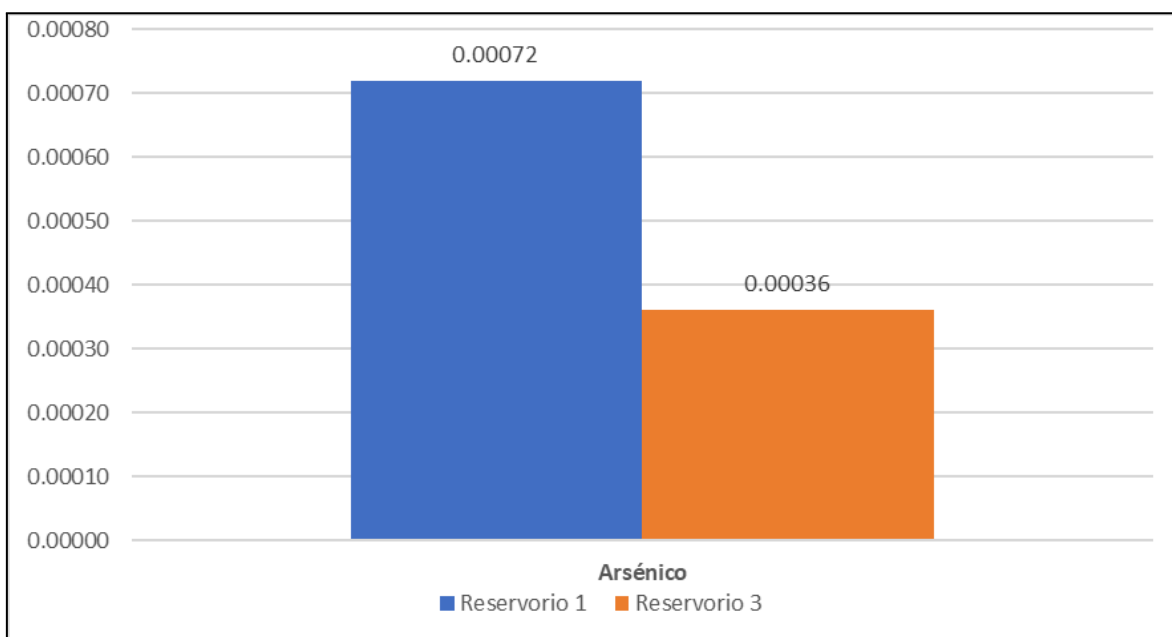


Figura 05: Comparación de la concentración de Arsénico entre los 2 reservorios.

Como se ve en la figura 05, el análisis de las concentraciones de arsénico en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina muestra valores de 0.00072 mg/L y 0.00036 mg/L respectivamente. Ambos resultados se encuentran ampliamente por debajo del Límite Máximo Permisible establecido en el DS N° 031-2010-SA para agua destinada al consumo humano, el cual es de 0.01 mg/L. Esta diferencia significativa evidencia que, en lo referente al arsénico, el agua almacenada en los dos reservorios no representa un riesgo para la salud de la población, ya que las concentraciones detectadas son incluso menores al 10 % del valor permitido por la normativa. Asimismo, se observa que el Reservorio 1 presenta una concentración ligeramente mayor que el Reservorio 3; sin embargo, esta variación no constituye un indicio de alarma ni de contaminación relevante, dado que ambos valores se mantienen dentro de rangos considerados seguros. En general, los resultados sugieren que no existe aporte significativo de fuentes de contaminación por arsénico en el sistema de abastecimiento evaluado, lo que respalda la calidad del recurso hídrico en este parámetro y contribuye a la seguridad sanitaria del agua consumida por la comunidad de Karina.

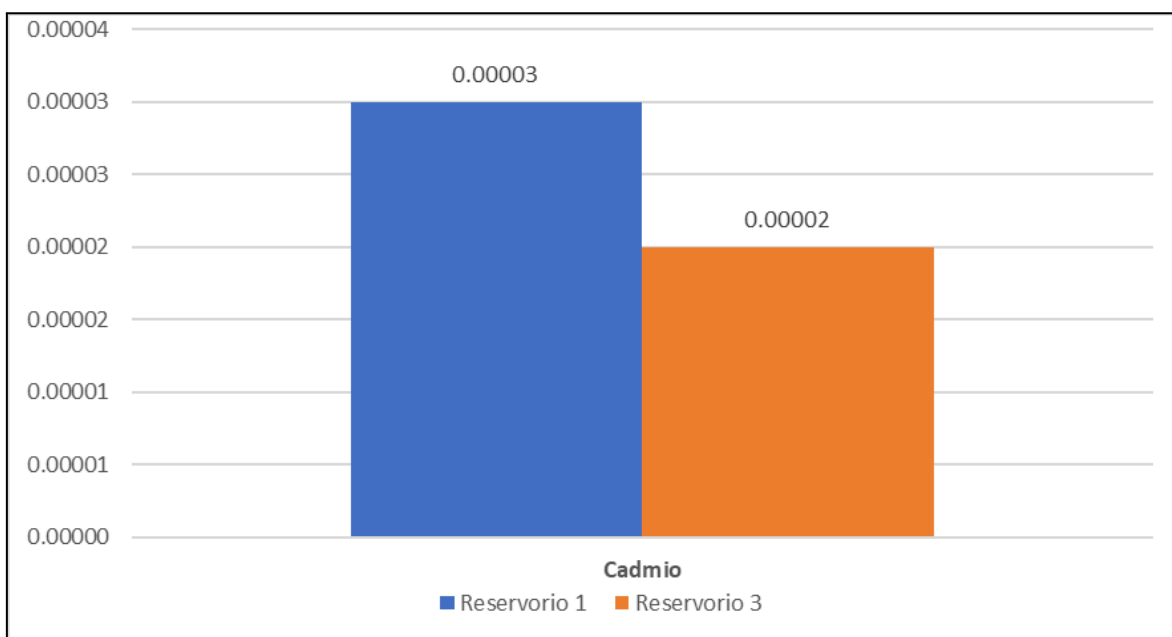


Figura 06: Comparación de la concentración de Cadmio entre los 2 reservorios.

El análisis que se observa en la figura 06, de las concentraciones de cadmio en los dos reservorios evaluados muestra valores de 0.00003 mg/L en el Reservorio 1 y 0.00002 mg/L en el Reservorio 3. Si bien se evidencia una ligera diferencia entre ambos puntos de muestreo, esta variación es mínima y no representa un riesgo ambiental ni sanitario. Ambos valores se encuentran muy por debajo del Límite Máximo Permisible establecido por el DS N° 031-2010-SA para agua destinada al consumo humano, cuyo valor de referencia es 0.003 mg/L. En consecuencia, las concentraciones registradas no alcanzan ni el 1 % del límite permitido, lo que confirma que el cadmio no constituye un problema de contaminación para el sistema de abastecimiento de agua de la comunidad de Karina. Además, la similitud en las concentraciones sugiere que no existen fuentes diferenciales de aporte del metal entre los reservorios, manteniéndose condiciones homogéneas y seguras respecto a este parámetro. En conjunto, los resultados indican que el agua almacenada en ambos reservorios cumple adecuadamente con la normativa vigente en términos de cadmio.

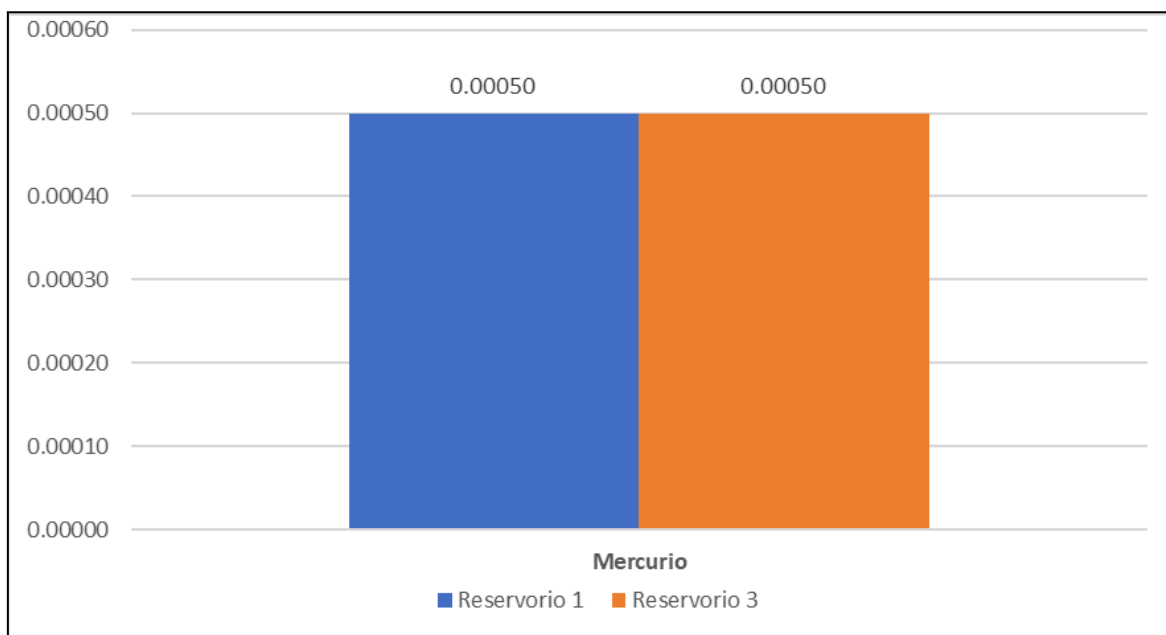


Figura 07: Comparación de la concentración de Mercurio entre los 2 reservorios.

El análisis que se observa en la figura 07 de las concentraciones de mercurio en los reservorios 1 y 3 evidencia valores idénticos de 0.00050 mg/L en ambos casos. La coincidencia en las mediciones indica que no existen variaciones espaciales entre los dos puntos de muestreo, sugiriendo condiciones ambientales similares en cuanto a la presencia de este metal en el sistema de abastecimiento de la comunidad de Karina. Al comparar estos resultados con el Límite Máximo Permisible establecido en el DS N° 031-2010-SA para agua destinada al consumo humano, cuyo valor es 0.001 mg/L, se observa que las concentraciones registradas representan únicamente el 50 % del límite permitido. Esto significa que, aunque el mercurio está presente en el agua en niveles detectables, se mantiene dentro de los rangos considerados seguros para la población. No obstante, el hecho de que las concentraciones están relativamente próximas al valor máximo permitido resalta la importancia de mantener un monitoreo periódico, ya que incrementos futuros podrían acercar el parámetro a niveles críticos.

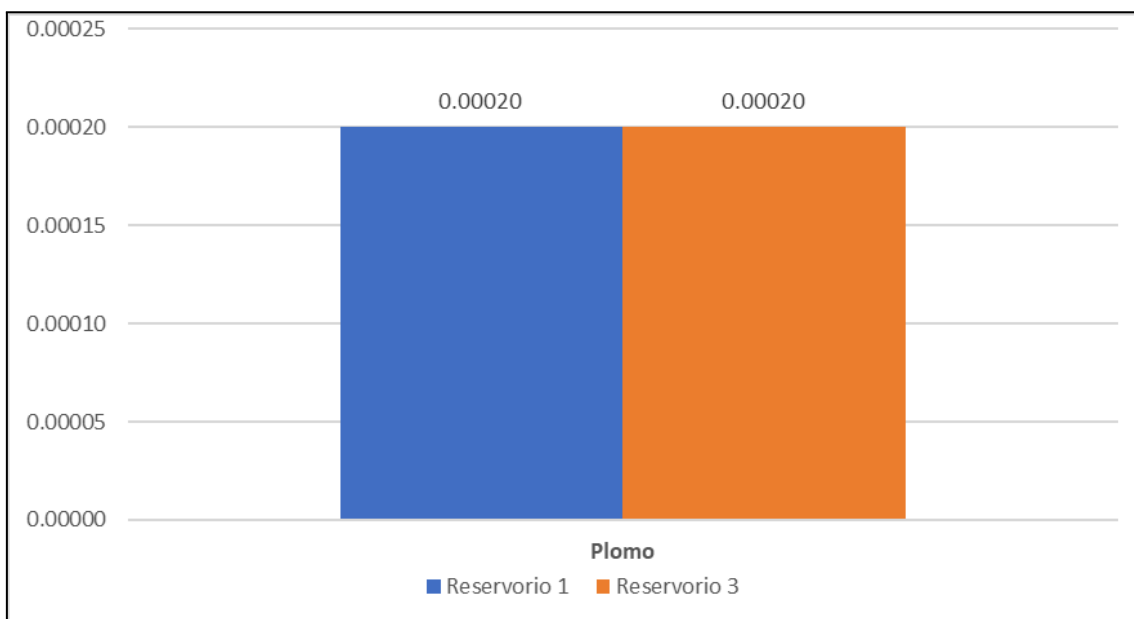


Figura 08: Comparación de la concentración de Plomo entre los 2 reservorios.

De acuerdo a la figura 08, el análisis de las concentraciones de plomo en los reservorios 1 y 3 muestra valores idénticos de 0.00020 mg/L, lo que evidencia una condición homogénea en ambos puntos de muestreo respecto a este metal pesado. La coincidencia en las mediciones sugiere que no existen fuentes puntuales o diferenciales de aporte de plomo entre los dos sectores de captación, manteniéndose un comportamiento uniforme dentro del sistema de abastecimiento. Al comparar estos resultados con el Límite Máximo Permissible establecido en el DS N° 031-2010-SA para agua destinada al consumo humano, cuyo valor es 0.01 mg/L, se observa que las concentraciones detectadas representan apenas el 2 % del límite permitido, situándose muy por debajo de niveles que podrían implicar riesgos para la salud pública. Esta diferencia amplia confirma que el agua almacenada en ambos reservorios cumple holgadamente con la normativa vigente en relación con el plomo, sin evidencia de contaminación significativa. En conjunto, los resultados indican que la presencia de plomo en el sistema es mínima y no constituye una amenaza para la población, aunque se recomienda mantener un monitoreo periódico para asegurar que estos valores permanezcan dentro de los rangos seguros.

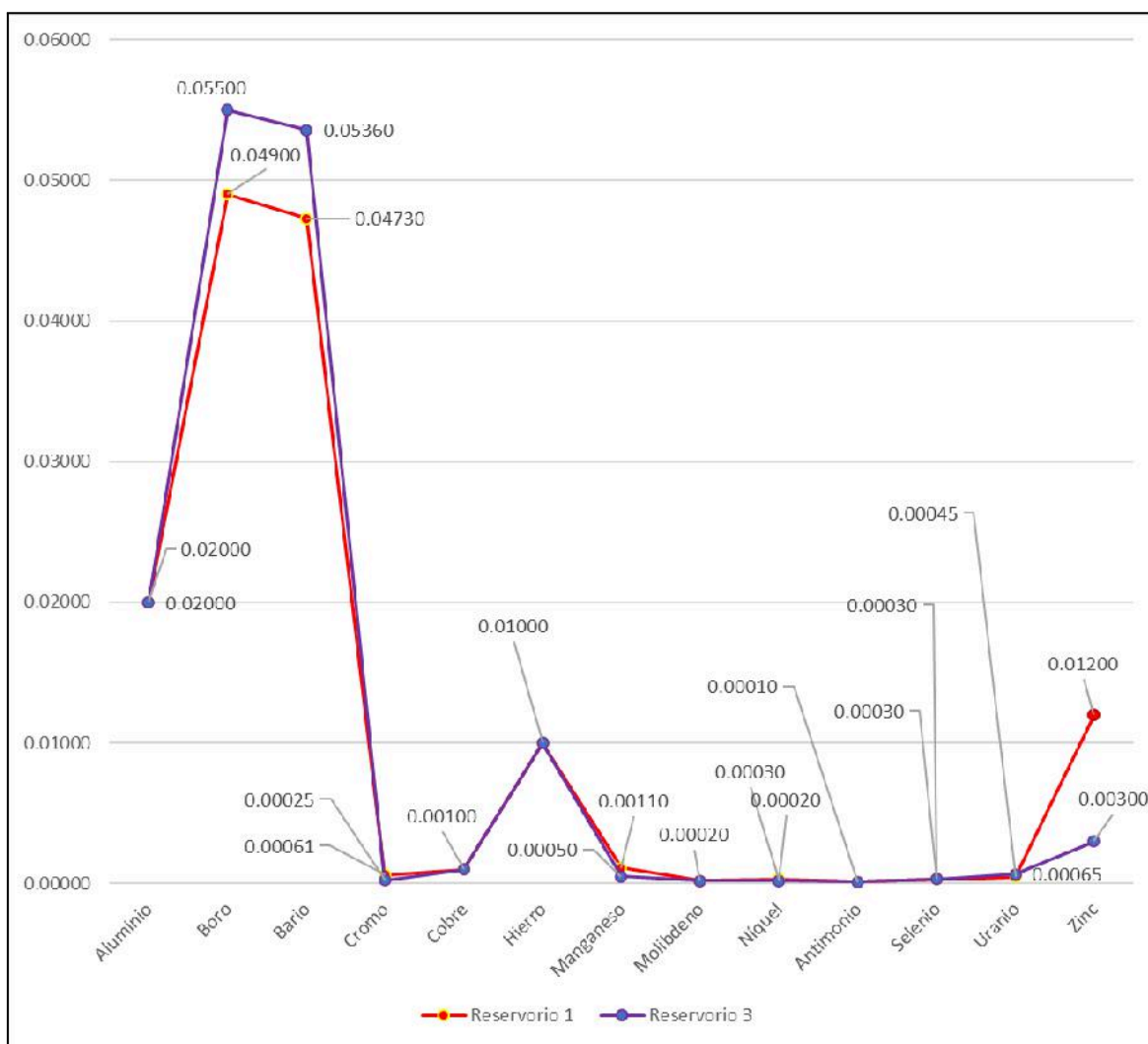


Figura 09: Comparación de los valores de las concentraciones entre los 2 reservorios.

Como se observa en la figura 09, el análisis conjunto de los resultados obtenidos en los reservorios 01 y 03 permite identificar similitudes y ligeras variaciones en las concentraciones de los metales pesados presentes en el agua. En ambos casos, los niveles son relativamente bajos, lo que indica que el origen de estos metales estaría asociado principalmente a procesos naturales, tales como la disolución de minerales y el arrastre superficial de materiales del entorno geológico.

En general, los dos reservorios presentan un perfil químico semejante, dominado por la presencia de sodio (Na), boro (B) y bario (Ba), los cuales muestran las concentraciones más elevadas dentro del conjunto de metales analizados. No obstante, se observa que el reservorio 03 presenta valores ligeramente mayores de estos tres elementos (Na:

3.10000 mg/L; B: 0.05500 mg/L; Ba: 0.05360 mg/L) en comparación con el reservorio 01 (Na: 2.51000 mg/L; B: 0.04900 mg/L; Ba: 0.04730 mg/L). Esto sugiere una mayor mineralización del agua en el reservorio 03, posiblemente relacionada con un mayor contacto con el sustrato rocoso o una diferencia en el tiempo de retención del agua, que favorece la disolución de sales minerales.

En cuanto a los metales de transición como el hierro (Fe), cobre (Cu) y manganeso (Mn), se mantienen en concentraciones muy similares en ambos reservorios, reflejando una condición homogénea del medio acuático y posiblemente una fuente común de origen natural.

El manganeso muestra una leve diferencia: 0.00110 mg/L en el reservorio 01 y 0.00050 mg/L en el reservorio 03, lo que podría relacionarse con variaciones en la oxigenación o en la composición de los sedimentos.

Los metales traza como cromo (Cr), níquel (Ni), plomo (Pb) y mercurio (Hg) presentan valores muy bajos y casi constantes entre ambos reservorios, indicando baja movilidad y escasa influencia antrópica.

Sin embargo el cromo muestra concentraciones ligeramente mayores en el reservorio 01(0.00045mg/L), mientras que el uranio (U) es más alto en el reservorio 03 (0.00065 mg/L), lo que sugiere diferencias locales en la composición mineralógica o en el flujo subterráneo del agua.

4.2. VERIFICACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN LOS RESERVORIOS 1 Y 3 DE LA COMUNIDAD DE KARINA DEL DISTRITO DE CHUCUITO, CUMPLEN CON LOS LMP DEL DS 031-2010-SA.

Tabla 06: Cumplimiento de los LMP del D.S. 031-2010-SA para el Reservoirio 1.

Metales pesados	LMP DS 031-2010-SA	Valor	CUMPLIMIENTO
Aluminio	0,20	0,02000	SI
Arsénico	0,01	0,00072	SI
Boro	1,50	0,04900	SI
Bario	0,70	0,04730	SI
Cadmio	0,00	0,00003	SI
Cromo	0,05	0,00061	SI
Cobre	2,00	0,00100	SI
Hierro	0,30	0,01000	SI
Mercurio	0,00	0,00050	SI
Manganeso	0,40	0,00110	SI
Molibdeno	0,07	0,00020	SI
Sodio	200,00	2,51000	SI
Níquel	0,02	0,00030	SI
Plomo	0,01	0,00020	SI
Antimonio	0,02	0,00010	SI
Selenio	0,01	0,00030	SI
Uranio	0,02	0,00045	SI
Zinc	3,00	0,01200	SI

Los resultados de la Tabla 06 evidencian que todas las concentraciones de metales pesados analizadas en el Reservoirio 01 - Karina se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para

Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA). En términos generales, se observa que los valores determinados para los metales esenciales como el hierro, cobre, manganeso, molibdeno, sodio y zinc, son bajos, lo cual indica un buen equilibrio químico natural del agua, sin evidencias de procesos de enriquecimiento mineral o aportes externos significativos. Esto sugiere que el sistema hídrico mantiene condiciones geoquímicas estables y que el contacto con materiales del sustrato no genera una liberación relevante de metales al medio acuático.

Respecto a los metales potencialmente tóxicos como arsénico, cadmio, plomo, mercurio, níquel, cromo y antimonio, todos presentan concentraciones muy inferiores a los valores máximos permitidos, lo que refleja una baja influencia antrópica y un entorno relativamente protegido de fuentes de contaminación metálica. La detección de estos elementos en cantidades trazas es coherente con la presencia natural de dichos metales en la geología del área, derivados de procesos de disolución de minerales y arrastre superficial.

Asimismo, los metaloides como el boro, selenio y uranio presentan concentraciones muy pequeñas, también dentro de los límites establecidos, lo que reafirma que el agua del reservorio posee una calidad adecuada desde el punto de vista de la composición química. Estos valores sugieren un balance natural del agua con un aporte limitado de sales y metales desde el entorno rocoso y sin indicios de infiltración o contaminación externa.

En conjunto, los resultados permiten afirmar que el Reservorio 01- Karina presenta una composición química estable y segura, con todos los metales dentro de los parámetros exigidos por el DS N° 031-2010-SA, lo cual evidencia que el agua cumple con las condiciones óptimas para su potencial uso en el consumo humano o doméstico, siempre que se mantengan las condiciones de conservación y manejo adecuadas.

Tabla 07: Cumplimiento de los LMP del D.S. 031-2010-SA para el Reservorio 3.

Metales pesados	LMP D.S. 031-2010-SA	Valor	CUMPLIMIENTO
Aluminio	0,20	0,02000	SI
Arsénico	0,01	0,00036	SI
Boro	1,50	0,05500	SI
Bario	0,70	0,05360	SI
Cadmio	0,00	0,00002	SI
Cromo	0,05	0,00025	SI
Cobre	2,00	0,00100	SI
Hierro	0,30	0,01000	SI
Mercurio	0,00	0,00050	SI
Manganeso	0,40	0,00050	SI
Molibdeno	0,07	0,00020	SI
Sodio	200,00	3,10000	SI
Níquel	0,02	0,00020	SI
Plomo	0,01	0,00020	SI
Antimonio	0,02	0,00010	SI
Selenio	0,01	0,00030	SI
Uranio	0,02	0,00065	SI
Zinc	3,00	0,00300	SI

Los resultados muestran en la tabla 07, que todas las concentraciones de metales pesados determinadas en el Reservorio 03 de Karina se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA para agua destinada al consumo humano.

En general, se observa que los valores de los metales traza como el cobre, hierro, manganeso y zinc son bajos, lo que indica un bajo nivel de mineralización y un ambiente

acuático químicamente estable. Este comportamiento sugiere que el reservorio no presenta alteraciones derivadas de procesos de lixiviación mineral ni de aportes externos provenientes de actividades antrópicas.

Por otro lado, los elementos potencialmente tóxicos como el arsénico, cadmio, plomo, mercurio, cromo y níquel se encuentran en concentraciones muy reducidas, evidenciando una mínima influencia contaminante y un entorno de buen estado ambiental. Las trazas detectadas se consideran propias de procesos naturales de disolución geológica y no representan riesgo para la calidad del agua.

Asimismo, los metaloides (boro, selenio, uranio y antimonio) se presentan en niveles bajos, lo que indica que el agua no muestra signos de contaminación por fuentes naturales ricas en estos elementos ni por descargas antropogénicas.

En conjunto, los resultados demuestran que el Reservorio 03 - Karina mantiene una composición química segura y apta, cumpliendo satisfactoriamente con los parámetros de calidad establecidos por el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA). Por tanto, el agua de este reservorio puede considerarse adecuada para fines de abastecimiento poblacional, siempre que se conserven las condiciones actuales de protección y control ambiental.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al comparar los resultados de la presente investigación con los antecedentes, se observan contradicciones importantes que revelan las particularidades del contexto local y la variabilidad ambiental entre zonas de estudio.

En primer lugar, los hallazgos difieren marcadamente de los obtenidos por Patiño y Sánchez (2020) en el río Ocoa (Colombia), quienes reportaron niveles críticos de plomo, cromo y zinc, superando ampliamente los límites normativos y representando una amenaza para la salud pública y los ecosistemas. En contraste, en los reservorios de Karina las concentraciones de dichos metales fueron mínimas (Pb: 0.00020 mg/L; Cr: 0.00061 mg/L; Zn: 0.012 mg/L), todas ellas muy por debajo de los valores máximos establecidos. Esta diferencia podría explicarse por la ausencia de descargas industriales

o mineras directas en la zona de Karina, así como por la ubicación rural y el bajo nivel de urbanización, que reducen la carga contaminante.

Asimismo, los resultados contrastan con lo descrito por Torres (2023) en la bahía de Coronel (Chile), donde se evidenció un enriquecimiento moderado de arsénico y cobre en sedimentos, atribuible a la actividad minera. En Karina, ambos metales (As: 0.00072 mg/L y Cu: 0.001 mg/L en el reservorio 1) estuvieron dentro de los límites, lo que sugiere una ausencia de fuentes mineras activas o de arrastre sedimentario contaminante en el entorno de los reservorios. De este modo, mientras en Coronel el impacto antropogénico generó una geoacumulación significativa, en Karina la calidad del agua mantiene condiciones naturales o mínimamente alteradas.

Por otro lado, aunque los trabajos de Biswal y Balasubramanian (2023) destacan la necesidad de aplicar tecnologías de remoción como el biocarbón para tratar aguas contaminadas por metales pesados, en el caso de Karina tales intervenciones no serían prioritarias, ya que las concentraciones se mantienen en niveles seguros. Esta diferencia evidencia que, a diferencia de regiones industrializadas o con escasa gestión ambiental, Karina aún conserva una calidad de agua que no requiere tratamiento intensivo, aunque el monitoreo continuo sigue siendo recomendable para prevenir futuras alteraciones.

En el ámbito nacional, los resultados de Karina también se apartan parcialmente de los reportes de Gutiérrez (2023) en Chicla – Huarochirí, donde se hallaron concentraciones de plomo que superaban los ECA en temporada de lluvias. En Karina, el plomo se mantuvo en niveles insignificantes (0.00020 mg/L), lo que puede deberse a menores aportes pluviales contaminantes y a una menor exposición a actividades vehiculares o mineras. Similar contradicción se observa con Calero (2023), quien reportó valores elevados de plomo (0.023 - 0.051 mg/L) en el río Chancay, mientras que en Karina este metal estuvo completamente dentro de los límites. Estas diferencias confirman que las actividades antrópicas cercanas determinan significativamente el grado de contaminación metálica de las fuentes de agua.

En cuanto a Carhuaricra (2024), aunque su estudio mostró una situación general controlada en Ayacucho, se detectaron casos puntuales de superación de manganeso y magnesio. En Karina, por el contrario, todos los parámetros analizados cumplieron con los LMP, incluso el manganeso (0.00110 mg/L), lo que refuerza la ausencia de perturbaciones químicas relevantes y una mayor estabilidad geoquímica de los cuerpos de agua locales.

A nivel local, los resultados de Karina también difieren de los estudios realizados en la región de Puno. Por ejemplo, Quispe et al. (2019) identificaron niveles peligrosos de cromo, cadmio y plomo en el río Coata, asociados al vertimiento de aguas residuales urbanas. En contraste, las aguas de los reservorios 1 y 3 no presentan evidencia de contaminación por dichos metales, lo que sugiere que la comunidad de Karina aún no experimenta el impacto de descargas domésticas o industriales similares a las observadas en Coata. Igualmente, los resultados contrastan con los de Choque (2023) en la playa San Juan de Juli, donde el hierro (0.4 mg/L) y el manganeso (0.570 mg/L) superaron los límites normativos; en Karina, ambos metales se mantuvieron en niveles bajos (Fe: 0.010 mg/L; Mn: 0.00110 mg/L). Finalmente, los datos de Karina guardan mayor semejanza con los hallazgos de Huaricallo et al. (2023) en La Rinconada, donde las concentraciones de mercurio estuvieron dentro de los límites permitidos. En Karina, el mercurio (0.00050 mg/L) también cumplió con el LMP, confirmando una situación ambiental estable y controlada respecto a este metal tóxico.

4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.4.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Planteamos las siguientes hipótesis:

Ho: Las concentraciones de metales pesados en aguas de los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno – 2025, no son altas.

Ha: Las concentraciones de metales pesados en aguas de los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno – 2025, son altas.

Contrastación:

De acuerdo con los resultados obtenidos en las Tablas 04 y 05, las concentraciones de los metales pesados analizados en ambos reservorios presentan valores bajos, sin indicios de contaminación significativa. Además, el cumplimiento general de los Límites Máximos Permisibles (LMP) según el DS N° 031-2010-SA, demostrado en las Tablas 06 y 07, confirma que los niveles detectados se mantienen por debajo de los valores máximos permitidos.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna (H_a) y **se acepta la hipótesis nula (H_0)**, concluyendo que las concentraciones de metales pesados no son altas en las aguas de los reservorios 1 y 3.

4.4.2. COMPROBACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

H_0 : Las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno – 2025, no son altas.

H_a : Las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno – 2025, son altas.

Contrastación:

El análisis de las Tablas 04 y 05 revela que las concentraciones individuales de todos los metales evaluados se encuentran en rangos bajos o trazas, sin evidencia de elevadas concentraciones en ninguno de los elementos. La similitud entre los valores de ambos reservorios demuestra una composición estable y no contaminada.

En consecuencia, se rechaza la hipótesis alterna (H_a) y se **acepta la hipótesis nula (H_0)**, indicando que las concentraciones de los metales analizados no son altas en las aguas de los reservorios evaluados.

4.4.3 COMPROBACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

H_0 : Las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el DS N° 031-2010-SA.

Ha: Las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, no cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el DS N° 031-2010-SA.

Contrastación:

Según las Tablas 06 y 07, todos los metales analizados en los reservorios 1 y 3 cumplen con los valores establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N.º 031-2010-SA). No se identificaron excedencias ni incumplimientos en ningún parámetro evaluado.

Por lo tanto, **se acepta la hipótesis nula (Ho)** y se rechaza la hipótesis alterna (Ha), concluyendo que las concentraciones de metales pesados en ambos reservorios cumplen con los límites permitidos para consumo humano.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Las concentraciones de metales pesados en las aguas de los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno - 2025, son bajas y estables, sin evidencias de contaminación significativa. Los resultados obtenidos demuestran que ambos reservorios presentan una composición química homogénea y segura, lo cual refleja un adecuado estado de calidad ambiental y ausencia de fuentes contaminantes relevantes.

SEGUNDA: Las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 respectivamente fueron los siguientes: Al (0.02, 0.02 mg/L), As (0.00072, 0.00036 mg/L), B (0.049, 0.055 mg/L), Ba (0.0473, 0.0536 mg/L), Cd (0.00003, 0.00002 mg/L), Cr (0.00061, 0.00025 mg/L), Cu (0.001, 0.001 mg/L), Fe (0.01, 0.01 mg/L), Hg (0.0005, 0.0005 mg/L), Mn (0.0011, 0.0005 mg/L), Mo (0.0002, 0.0002 mg/L), Na (2.51, 3.10 mg/L), Ni (0.0003, 0.0002 mg/L), Pb (0.0002, 0.0002 mg/L), Sb (0.0001, 0.0001 mg/L), Se (0.0003, 0.0003 mg/L), U (0.00045, 0.00065 mg/L) y Zn (0.012, 0.003 mg/L), siendo los metales con concentraciones más elevadas el sodio, aluminio y hierro, sin representar riesgo ambiental o sanitario. Esto indica que la mineralización del agua es baja y que los reservorios se encuentran en un entorno geológicamente estable y poco intervenido.

TERCERA: Las concentraciones de todos los metales pesados cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Ninguno de los parámetros analizados superó los valores de referencia, evidenciando que las aguas de ambos reservorios son aptas para el consumo humano, siempre que se mantengan las condiciones actuales de protección, manejo y monitoreo ambiental.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A la Municipalidad Distrital de Chucuito y a los representantes comunales de Karina mantener y fortalecer las acciones de conservación de los reservorios, evitando actividades que puedan alterar su equilibrio natural, como el vertimiento de aguas residuales, el uso inadecuado de agroquímicos o la disposición de residuos sólidos en las cercanías. La estabilidad actual de las concentraciones metálicas debe preservarse mediante una gestión ambiental preventiva y participativa.

SEGUNDA: A la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y al Gobierno Regional de Puno, establecer un programa periódico de monitoreo hidroquímico que permita registrar variaciones en los niveles de metales como sodio, aluminio y hierro, que presentaron las concentraciones más elevadas (Na: 2.51 y 3.10 mg/L, Al: 0.02 y 0.02 mg/L, Fe: 0.01 y 0.01 mg/L). Este seguimiento garantizará la detección temprana de posibles cambios en la calidad del agua y permitirá la toma oportuna de medidas de mitigación ante eventuales fuentes de contaminación.

TERCERA: A la Dirección Regional de Salud (DIRESA Puno) y a la comunidad de Karina mantener las condiciones actuales de manejo y protección de las fuentes de agua, promoviendo además la educación ambiental y sanitaria orientada al uso responsable del recurso hídrico. Asimismo, se sugiere implementar planes de mantenimiento y vigilancia comunitaria que aseguren el cumplimiento continuo de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA, garantizando así la sostenibilidad y calidad del agua para el consumo humano.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades | ATSDR. (2024, marzo 11). <https://www.atsdr.cdc.gov/es/index.html>
- Alberth, L. A. (s. f.). Contaminación Ambiental. <https://dsp.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2022/02/Contaminacion-ambiental-origen-clases-fuentes-y-efectos.pdf>
- ANA 2019. (s. f.). Recuperado 17 de abril de 2024, de <https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/RJ%20010-2019-ANA.pdf>
- Biswal, B. K., & Balasubramanian, R. (2023). Use of biochar as a low-cost adsorbent for removal of heavy metals from water and wastewater: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(5), 110986. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.110986>
- 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>
- Carhuaricra Rivera, M. G. (2024). Evaluación de la calidad de agua como parte del control y protección ambiental de la U.E.A. Breapampa – Provincia de Parinacochas – Ayacucho – 2021. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3985>.
- Choque Cruz, A. G. (2023). Evaluación del grado de contaminación por metales pesados del agua en la playa turística San Juan de la ciudad Juli, 2022. Universidad Privada San Carlos. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/537>
- Chui, H. N., Roque, B., Huaquisto, E., Sardón, D. L., Belizario, G., Calatayud, A. P., Chui, H. N., Roque, B., Huaquisto, E., Sardón, D. L., Belizario, G., & Calatayud, A. P. (2021). Metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de crianza intensiva de la zona noroeste del lago Titicaca. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(3). <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i3.20398>

- Correa Cuba, O., Fuentes Bernedo, F. E., Coral Surco, R. G., Correa Cuba, O., Fuentes Bernedo, F. E., & Coral Surco, R. G. (2021). Contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray—Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(1), 26-38. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.320>
- Covarrubias, S. A., & Cabriales, J. J. P. (2017). Contaminación Ambiental por Metales Pesados en México: Problemática y Estrategias de Fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33, 7-21. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01>
- Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM.pdf. (s. f.). Recuperado 22 de abril de 2024, de https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAH/normas/3_normas_ambientales_transversales/30.%20Decreto%20Supremo%20N%C2%B0%20012-2017-MINAM.pdf
- Decreto Supremo N° 031-2010-SA. (s. f.). Recuperado 22 de abril de 2024, de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/273650/reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano.pdf?v=1561937448>
- Gutiérrez, M. A. (2023). Evaluación de metales pesados en el agua para el desarrollo de la piscicultura en el distrito de Chicla—Huarochirí 2022. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/4915>
- Huaricallo, B. C., Irene, L., Maquera, B. F., & Gilmar, D. (2023). Determinación de los Niveles de Mercurio en los Reservorios de Agua de Consumo Humano Comercializados en el Centro Poblado La Rinconada, Ananea - Puno, 2022.
- León, R. H. (2020). Grado de contaminación por metales pesados de las aguas del Centro Poblado de Huacani Pomata – 2020. Universidad Privada San Carlos. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC S.A.C./209>
- Ley_General_de_Ambiente_28611.pdf. (s. f.). Recuperado 22 de abril de 2024, de [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2_uibd.nsf/46BDA80A2F7B1DE5052575C30052CF8D/\\$FILE/Ley_General_de_Ambiente_28611.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2_uibd.nsf/46BDA80A2F7B1DE5052575C30052CF8D/$FILE/Ley_General_de_Ambiente_28611.pdf)
- Ley-N°-29338.pdf. (s. f.). Recuperado 22 de abril de 2024, de

- <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29338.pdf>
- Módulo I - Introducción a la toxicología | Notas para la instrucción | ATSDR en Español. (2022, agosto 8). https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/1/es_lecturenotes.html
- ONU. (2022, febrero 16). La contaminación mata nueve millones de personas al año, el doble que el COVID-19 | Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2022/02/1504162>
- Patiño, Y. F., & Sánchez, A. C. (2020). Identificación y comparación de presencia de metales pesados: Pb, Cr y Zn en el río Ocoa y sus fuentes de origen antrópico, Villavicencio-Meta [Bachelor thesis, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/28002>
- Quispe, J. E. T. (2024). Actitudes y prácticas ambientales de la población urbana de Puno, altiplano andino. *La Granja*, 39(1), Article 1. <https://doi.org/10.17163/lgr.n39.2024.03>
- 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.
- Salas, D., Hermoza-Gutiérrez, M., & Salas-Ávila, D. (2020). Distribution of Heavy Metals and Metaloids in Surface Waters and on Sediments of the Crucero River, Peru. *Revista Boliviana de Química*, 37(4), 185-193.
- Sampayo Campo, L. D., & Ariza Blanco, A. M. (2017). Determinación de la contaminación por metales pesados en el embalse el Guájaro, Departamento del Atlántico. <https://hdl.handle.net/11323/4861>
- Torres, M. R. (2023). Evaluación de la contaminación con metales pesados en la bahía de Coronel mediante el análisis de sedimentos. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/11225>
- Torres, R. (2022). Determinación de la contaminación por Arsénico (As) en agua de pozos

Tipo Caisson para consumo humano, Sector Pacochuma Distrito de Umachiri -
2022. file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Ruben_Okendo_torres_valeriano.pdf


Vilca, 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. file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Christian_Ivan_vilca_quispe.pdf

ANEXOS


Anexo 01: Matriz de Consistencia:
EVALUACIÓN DE LOS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN AGUAS DE LOS RESERVORIOS 1 Y 3 DE LA COMUNIDAD
KARINA DEL DISTRITO DE CHUCUITO, PUNO - 2025

Problema	Objetivo	Hipótesis	VARIABLES	Indicadores	Técnicas e Instrumentos	Técnica de Procesamiento de Datos
¿Cuáles son las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de acuerdo a los LMP del DS 031-2010-SA en la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno -2025?	Evaluar las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de acuerdo a los LMP del DS 031-2010-SA en la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno -2025.	Las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de acuerdo a los LMP del DS 031-2010-SA en la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno -2025, son altas.	Independiente Concentración de metales pesados.	Concentración de: Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Manganeso, Molibdeno, Sodio, Níquel, Plomo, Antimonio, Selenio, Uranio y Zinc.	Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos. LMP del 031-2010-SA Ficha de identificación de los puntos de monitoreo. Formato de cadena de custodia.	Tipo de investigación: Descriptiva Diseño: No experimental Población: Agua de los reservorios 1 y 3. Muestra: 1 Litro de cada reservorio.
Específicos ¿Cuáles son las concentraciones de Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Manganeso, Molibdeno Sodio, Níquel, Plomo, Antimonio, Selenio, Uranio y Zinc en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno -2025?	Específicos Determinar las concentraciones de Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Manganeso, Molibdeno Sodio, Níquel, Plomo, Antimonio, Selenio, Uranio y Zinc en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno -2025. Verificar si las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, cumplen con los LMP del DS 031-2010-SA.	Específicos Las concentraciones de Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Manganeso, Molibdeno Sodio, Níquel, Plomo, Antimonio, Selenio, Uranio y Zinc en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, Puno -2025, son altas Las concentraciones de metales pesados en los reservorios 1 y 3 de la comunidad de Karina del distrito de Chucuito, no cumplen con los LMP del DS 031-2010-SA.				

Anexo 02: Análisis de Laboratorio del Reservorio 1 - Karina.



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



INACAL
DA - Perú
Organismo de Acreditación
Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 3734 - 2025

MÉTODOS UTILIZADOS :

OVL-Rolíferos (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 más 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 Reservorio 1 Taccapiñi - Karina.	UNIDADES
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	<0,02	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0,00072	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0,049	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0,0473	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0,00003	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0,00061	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	0,0011	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	0,0002	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	2,51	mg/L
FQ	Ni (Níquel)	0,00001	0,00005	0,0003	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	0,00045	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,005	0,012	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




Miguel Valdivia Martínez
Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe


BIHOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 03: Análisis de Laboratorio del Reservorio 3 - Karina.



BIHOS
LABORATORIOS

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° 3735- 2025

MÉTODOS UTILIZADOS :

OVL-Rolíferos (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):

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.

LD: Límite de detección del método.

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

LC: Límite de cuantificación del método.


Metales Totales (DS 031)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUBTERRÁNEA DE MANANTIAL Reservorio 3 Kantutani - Karina.	UNIDADES
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	<0,02	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0,00036	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0,055	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0,0536	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0,00002	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0,00025	mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0,0002	0,001	<0,001	mg/L
FQ	Fa (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	0,0005	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	0,0002	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	3,10	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	0,0003	mg/L
FQ	U (Uranio)	0,000003	0,00002	0,00065	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003	0,003	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 04: LMP de los metales pesados según DS 031-2010-SA

ANEXO II del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoniaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

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. Níquel	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. Endrín	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 05: Galería fotográfica.



Figura 10: Vista panorámica del Reservorio 01 - Karina.



Figura 11: Almacenamiento de las muestras del reservorio 01 - Karina.



Figura 12: Vista panorama del Reservorio 03 - Karina.



Figura 13: Muestreo del agua del Reservorio 03 - Karina.



Figura 14: Verificación de la muestra del Reservorio 03 - Karina.



Figura 15: Almacenamiento de la muestra del Reservorio 03 - Karina.