

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS DEL RÍO

CUCHUMBAYA DISTRITO CUCHUMBAYA - MOQUEGUA, 2024

PRESENTADA POR:

JAIME NINA ACERO

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/)



12.55%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 12 AUG 2025, 10:34 AM

Similarity report

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

● IDENTICAL
1.36%

● CHANGED TEXT
11.18%

Report #27972183

JAIME NINA ACERO // CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS DEL RÍO CUCHUMBAYA DISTRITO CUCHUMBAYA - MOQUEGUA, 2024 RESUMEN La contaminación por metales pesados en los ríos de Moquegua representa un riesgo ambiental y de salud pública, afectando la calidad del agua y la seguridad de las comunidades que dependen de ella para el consumo, la agricultura y la ganadería. El estudio tuvo como objetivo evaluar la concentración de metales pesados en el río Cuchumbaya, distrito de Cuchumbaya - Moquegua, 2024, conforme al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. La recolección de muestras se realizó siguiendo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA) y los análisis fueron llevados a cabo en el laboratorio BHIOS, acreditado por INACAL. Los resultados obtenidos en mg/L fueron: Cd (0.00003), Hg (0.0001), Pb (0.0002), Mn (0.1681), Zn (0.0180), Ni (0.0022), Cr total (0.0003) y As (0.06648). Al comparar estos valores con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, se encontró que todas las concentraciones cumplen con la normativa de la Categoría 1 (agua para consumo humano), excepto el arsénico, que supera los límites establecidos para las subcategorías A1 y A2. En cambio, los valores analizados sí cumplen con los estándares de la Categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). Se concluye que las aguas del río Cuchumbaya no son

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

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS DEL RÍO
CUCHUMBAYA DISTRITO CUCHUMBAYA - MOQUEGUA, 2024

PRESENTADA POR:

JAIME NINA ACERO

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

PRIMER MIEMBRO

: 
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 20 de agosto del 2025

DEDICATORIA

A Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante en la vida.

A mi querida madre Feliciano, que me ilumina desde el cielo .

A mi padre Andres que me impulsa a ser mejor cada día y me ayudan a levantarme en cada caída.

A mi querida esposa Elizabeth por su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y su plana docente por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A mi asesor de tesis, Ing. MG. Julio Wilfredo Cano Ojeda por su apoyo incondicional durante la realización de este trabajo de investigación.

A los jurados, Mg. Katia E. Andrade Linarez, Dra. Marlene Cusi Montesinos al M.Sc. Fredy Apacicio Castillo Suaquita

A mis familiares, por su apoyo en la ejecución de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
INDICE DE ANEXOS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	13
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	13
1.2. ANTECEDENTES	13
1.3. OBJETIVOS	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	20
2.1.1. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS.	20
2.1.2. LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS DE LAS FUENTES HÍDRICAS	20

2.1.3. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL PERÚ.	21
2.2. MARCO CONCEPTUAL	24
2.3. MARCO NORMATIVO	25
2.4. HIPÓTESIS	25
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	25
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	25
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	26
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	27
3.2.1. POBLACIÓN	27
3.2.2. TAMAÑO DE MUESTRA	27
3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS	28
3.3.1. MÉTODO	28
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	29
3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO	30
CAPÍTULO IV	
EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LAS AGUAS DEL RÍO CUCHUMBAYA CON LOS ECA SUBCATEGORÍA A	31
4.2. COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LAS AGUAS DEL RÍO CUCHUMBAYA CON LOS ECA CATEGORÍA 3:	33
4.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS	35
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Matriz de operacionalización de variables	30
Tabla 02: Concentración de metales pesados y arsénico comparado con los ECA Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.	31
Tabla 03: Concentración de metales pesados y arsénico comparada con los ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	33

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Georreferencia del lugar de investigación Cuchumbaya	26
Figura 02: Puntos de muestreo de aguas del río Cuchumbaya.	27
Figura 03: Toma de coordenadas.	52
Figura 04: Toma de submuestra punto 1	53
Figura 05: Toma de submuestra punto 2	54
Figura 06: Recojo de muestras:	55

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia: concentración de metales pesados en aguas del Río Cuchumbaya distrito Cuchumbaya - Moquegua, 2024	46
Anexo 02: Registro de ubicación de puntos de monitoreo	47
Anexo 03: Categoría 1: Poblacional y Recreacional Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	47
Anexo 04: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	48
Anexo 06: Resultados de los Análisis de laboratorio	50
Anexo 07: Evidencias fotográficas	52

RESUMEN

La contaminación por metales pesados en los ríos de Moquegua representa un riesgo ambiental y de salud pública, afectando la calidad del agua y la seguridad de las comunidades que dependen de ella para el consumo, la agricultura y la ganadería. El estudio tuvo como objetivo evaluar la concentración de metales pesados en el río Cuchumbaya, distrito de Cuchumbaya - Moquegua, 2024, conforme al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. La recolección de muestras se realizó siguiendo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA) y los análisis fueron llevados a cabo en el laboratorio BHIOS, acreditado por INACAL. Los resultados obtenidos en mg/L fueron: Cd (0.00003), Hg (0.0001), Pb (0.0002), Mn (0.1681), Zn (0.0180), Ni (0.0022), Cr total (0.0003) y As (0.06648). Al comparar estos valores con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, se encontró que todas las concentraciones cumplen con la normativa de la Categoría 1 (agua para consumo humano), excepto el arsénico, que supera los límites establecidos para las subcategorías A1 y A2. En cambio, los valores analizados sí cumplen con los estándares de la Categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). Se concluye que las aguas del río Cuchumbaya no son aptas para el consumo humano debido a la elevada toxicidad del arsénico, lo que representa un riesgo para la salud. No obstante, podrían utilizarse para riego de vegetales y bebida de animales, aunque con ciertas restricciones.

Palabras clave: Agua, Contaminación, Metales pesados, Toxicidad, Río

ABSTRACT

Heavy metal contamination in the rivers of Moquegua poses an environmental and public health risk, affecting water quality and the safety of communities that rely on it for consumption, agriculture, and livestock. The study aimed to evaluate the concentration of heavy metals in the Cuchumbaya River, Cuchumbaya district – Moquegua, 2024, was evaluated in accordance with Supreme Decree No. 004-2017-MINAM. Sample collection was conducted following the National Protocol for Monitoring the Quality of Surface Water Resources (Chief Resolution No. 010-2016-ANA), and analyses were carried out at the BHIOS laboratory, accredited by INACAL. The results obtained in mg/L were: Cd (0.00003), Hg (0.0001), Pb (0.0002), Mn (0.1681), Zn (0.0180), Ni (0.0022), total Cr (0.0003), and As (0.06648). When comparing these values with the Environmental Quality Standards (EQS) for water, it was found that all concentrations comply with Category 1 regulations (water for human consumption), except for arsenic, which exceeds the limits established for subcategories A1 and A2. In contrast, the analyzed values do meet the standards for Category 3, subcategories D1 (vegetable irrigation) and D2 (animal drinking water). It is concluded that the waters of the Cuchumbaya River are not suitable for human consumption due to the high toxicity of arsenic, which poses a health risk. However, they could be used for vegetable irrigation and animal drinking, albeit with certain restrictions.

Keywords: Water, Pollution, Heavy metals, Toxicity, River.

INTRODUCCIÓN

La presencia de metales pesados en los ríos es un problema ambiental de creciente preocupación a nivel mundial. Estos elementos, como el mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (As) y cromo (Cr), se introducen en los cuerpos de agua principalmente a través de actividades industriales, agrícolas y mineras. A diferencia de otros contaminantes, los metales pesados no se degradan fácilmente en el ambiente, lo que permite su acumulación en sedimentos y organismos acuáticos. Esto representa un riesgo tanto para la biodiversidad de los ecosistemas fluviales como para la salud humana, especialmente en comunidades que dependen de estos ríos para abastecimiento de agua o pesca. Comprender las fuentes, dinámica y efectos de estos contaminantes es esencial para implementar estrategias efectivas de monitoreo, prevención y remediación.

En el Perú, la contaminación de ríos por metales pesados se ha convertido en una problemática ambiental y social de gran relevancia, especialmente en regiones andinas y amazónicas donde predominan actividades extractivas como la minería formal e informal (Hernández et al., 2020).

Ríos como el Mantaro, el Rímac, el Marañón y el Madre de Dios presentan niveles preocupantes de elementos tóxicos como mercurio, plomo, arsénico y cadmio, superando en muchos casos los límites permisibles establecidos por las normativas ambientales. Estos metales pesados llegan a los cuerpos de agua a través del vertimiento de residuos mineros, aguas industriales sin tratamiento y procesos de erosión de suelos contaminados. La presencia de estos contaminantes afecta no solo a los ecosistemas acuáticos, sino también a las poblaciones humanas que dependen de estos ríos para el consumo de agua, riego o pesca, generando serios riesgos para la salud pública y la seguridad alimentaria. En este contexto, se hace urgente el fortalecimiento de políticas de control ambiental, así como el monitoreo y remediación de los cuerpos de agua afectados.

La región de Moquegua enfrenta una grave crisis ambiental debido a la contaminación de sus ríos con metales pesados, fenómeno que afecta tanto a la salud pública como a los ecosistemas acuáticos. Investigaciones recientes han identificado niveles elevados de elementos como arsénico, boro, manganeso, aluminio, hierro, cadmio, plomo y níquel en diversas fuentes de agua de la región. Por ejemplo, un estudio realizado en la cuenca del río Osmore durante los períodos de avenida y estiaje encontró concentraciones de aluminio que superan los límites establecidos para agua potable, alcanzando hasta 8.513 mg/L, así como niveles elevados de hierro y boro (Maquera, 2022).

- Capítulo I: Planteamiento del problema, antecedentes internacionales, nacionales, regionales y objetivos de la investigación.
- Capítulo II: Marco teórico, marco conceptual e hipótesis de la investigación.
- Capítulo III: Metodología de la investigación.
- Capítulo VI: Exposición y análisis de resultados.

Conclusiones y recomendaciones

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los grandes problemas ambientales de gran relevancia a nivel mundial es la contaminación del agua por metales pesados, debido a su persistencia en el ambiente y a su potencial toxicidad, representando una amenaza significativa para la salud de los ecosistemas acuáticos y, para la salud humana. La contaminación por metales pesados constituye una preocupación debido a su aumento en el medio ambiente por las actividades antrópicas (Aguilar et al., 2023).

En el Perú los principales ríos se encuentran contaminados con metales pesados. A nivel nacional 129 de las 159 cuencas hídricas están contaminadas poniendo en riesgo la salud de la población, la producción agrícola y pecuaria y los ecosistemas naturales. El vertimiento de aguas residuales y la disposición inadecuada de los residuos sólidos de poblaciones ubicadas en las proximidades de los cauces, y las mineras que operan en las cabeceras de cuencas provocan la alteración de la calidad del agua destinada para el consumo humano y para actividades agrícolas (INEI-PERÚ, 2022)

La región de Moquegua enfrenta una grave crisis ambiental y de salud pública debido a la contaminación por metales pesados en sus fuentes hídricas. Diversos estudios y reportes oficiales han identificado la presencia de elementos tóxicos como arsénico, plomo, aluminio, manganeso, boro, cadmio y hierro en ríos clave como el Tumilaca, Torata, Tambo, Osmore y Quele (Ccasa, 2023).

El distrito de Cuchumbaya se encuentra ubicado en un territorio accidentado expuesto a la erosión hídrica especialmente durante el periodo de lluvias, provocando el desborde del río Cuchumbaya y consecuente desintegración de las rocas por la acción erosiva de las aguas hecho que podrían provocar la liberación de metales pesados, la proximidad del volcán Ticsani el mismo que conforma el complejo volcánico de tres domos alineados, cráteres semi destruidos, afloración de manantiales con temperaturas muy altas, lo cual también **podría incorporar metales pesados a los suelos y aguas; otra probable fuente es la inadecuada** disposición de residuos sólidos, uso indiscriminado de agroquímicos por los agricultores para el control de plagas y enfermedades de sus cultivos, y los comentarios de los pobladores quienes expresan que el agua que consumen provienen de manantiales que se encuentran contaminadas provocando problemas de salud en algunos pobladores según sus comentarios.

Formulación del problema.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la concentración de metales pesados en aguas del río Cuchumbaya de acuerdo al DS 004-2017 MINAM distrito Cuchumbaya - Moquegua, 2024

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

Problemas específicos:

- ¿La concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya cumplirán con los ECA subcategorías A destinadas a la producción de agua potable?
- ¿La concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya cumplirán con los ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales?

1.2. ANTECEDENTES

INTERNACIONALES

Cevallos et al. (2023), con el objetivo de determinar la calidad del agua y el contenido de metales pesados, analizaron las concentraciones de Arsénico, Mercurio, Cadmio y Plomo, luego de los análisis de laboratorio arribaron a los siguientes resultados: las máximas concentraciones de As se presentaron en los puntos 1 y 2, con $2,3 \mu\text{gL}^{-1}$ y $2,8$

μgL^{-1} respectivamente mientras que las concentraciones de Pb en los puntos 1 y 4 con $1,8 \mu\text{gL}^{-1}$ y $0,5 \mu\text{gL}^{-1}$ finalmente Mercurio y Cadmio con $< \text{LD}$ todos por debajo del estándar establecido de acuerdo a la normatividad Ecuatoriana

Dejud et al. (2022) evaluaron la calidad del agua del río Caldera, de la provincia de Chiriquí, el cual abastece al distrito de Boquete, tanto para consumo humano, como para fines agrícolas y ganaderos; tomó tres muestras (parte alta, media y baja), Los resultados indicaron una buena calidad de agua según los parámetros estudiados; sin embargo, de cinco metales estudiados (Al, Cd, Cr, Cu y Pb), la mayoría presentó concentraciones menores a los límites establecidos; con excepción del Cadmio, el cual sobrepasó el límite de $0,003 \text{ mg L}^{-1}$ de acuerdo con la norma establecida de Panamá.

Badamasi et al.(2023) investigaron los niveles de contaminación, la distribución de las fuentes y los riesgos para la salud de los metales pesados para los residentes provenientes del agua superficial potable cerca de los sitios mineros de Riruwai en Nigeria - África. Los resultados indicaron que los niveles de metales pesados fueron As ($0,00\text{--}0,04 \text{ mg/L}$), Cd ($0,00\text{--}0,04 \text{ mg/L}$), Cr ($0,02\text{--}0,06 \text{ mg/L}$), Mn ($0,02\text{--}0,07 \text{ mg/L}$). L) y Pb ($0,00\text{--}0,05 \text{ mg/L}$), con niveles medios de $0,02$, $0,013$, $0,03$, $0,02$ y $0,04 \text{ mg/L}$, respectivamente. La concentración de todos los metales, a excepción del Mn y Cr, fueron superiores a los límites permitidos.

Brito & Méndez(2022), evaluaron la contaminación provocada por metales pesados del río, Cuchimbaya, en la parroquia El Ideal, cantón Gualaquiza, provincia de Morona Santiago, para ello realizaron un análisis fisicoquímico de sus agua encontrando contaminación por plomo en el río Cuchumba en la estación 04 durante los meses de noviembre a enero, encontrando un exceso de $0,001 \text{ mg/l}$ en la concentración de plomo comparado con lo establecido por la normatividad. Concluyendo que, existe contaminación por metales pesados en niveles altos de plomo de $0,004$ hasta $0,0046 \text{ mg/l}$, provocado por la minería ilegal y vertido de aguas residuales sin previo tratamiento.

NACIONALES

Yanigsa (2024), en su investigación: Contaminación ambiental por metales pesados en el río Piñog Condesuyos - Arequipa, 2022, arribó a los siguientes resultados, tanto en la temporada seca como en la temporada de avenida, Plomo (Pb=0,07 mg/L), arsénico (As=0.04 mg/L), cadmio (Cd= 0,013 mg/L), cromo (Cr=0,05 mg/L); no excedieron los estándares de calidad del agua con excepción del Arsénico, que registró un valor por encima del ECA para agua (>0,1 mg/L), en la época seca.

Novoa et al.(2022), determinaron la presencia de metales pesados producto de la minería artesanal en las provincias de Sandia, Carabaya, y San Antonio de Putina, para comprobar tomaron siete muestras de agua de las tres zonas y diez muestras en el centro poblado La Rinconada, muestras que fueron analizadas con un equipo Milestone DM 80 específico para el análisis de mercurio. En el primer grupo encontraron: cromo (Cr) con 0,12 mg/L, hierro (Fe) 36,1 a 280 mg/L, mercurio (Hg) de 0,0158 a 0,1301 mg/L, manganeso (Mn) de 0,4004 a 6,5092 mg/L aluminio (Al) de 7,79 a 66,2 mg/L y níquel (Ni) con 0,2278 a 1,2148 mg/L. De seis muestras 5 superaron los ECA para riego y bebida de animales; en La Rinconada, los análisis arrojaron entre 0,0013 y 0,0188 mg/l para mercurio, superiores a los permitidos por la norma nacional; concluyen que los resultados son considerados un peligro para la salud de los pobladores y los ecosistemas.

Rubio (2024), con el propósito de analizar la presencia de metales pesados en las aguas del río Tingo-Maygasbamba, se definieron tres puntos de monitoreo considerando la influencia minera de la zona. Se tomaron seis muestras para evaluar la concentración de estos metales, encontrando niveles de Pb, Cd, Cr y As por debajo de los LMP, con valores de 0.004, 0.002, 0.003 y 0.005 mg/L, respectivamente. La concentración de Fe fluctuó entre 117 y 139 mg/L, mientras que la de Al varió entre 0.043 y 0.094 mg/L. Los resultados mostraron una uniformidad entre los puntos analizados y se ubicaron dentro de los límites establecidos por los ECA de agua Categoría 3, correspondientes al riego de vegetales y consumo animal, según lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Cusiche et al.(2021), investigaron la concentración de metales pesados del agua para consumo humano en la ciudad de Junín por espectrofotometría de absorción atómica; recolectando muestras de agua de tres sectores de la ciudad de Junín; entre los resultados encontraron diferentes concentraciones de Pb y As de 0.001 a 0.002 mg/l y Cd de 0.001 a 0.003 mg/l de diferentes fuentes; concluyendo que, la concentración de plomo, cadmio y arsénico en las aguas para consumo en la ciudad de Junín no superan los ECA D.S. 004 - 2017- MINAN aguas destinadas a la producción de agua potable.

Salazar et al. 2020), analizaron muestras de agua y de sedimentos superficiales para determinar la concentración de cadmio, zinc y arsénico por el método de espectroscopía de emisión atómica de plasma acoplado por inducción. Los resultados demuestran que las concentraciones de cadmio y zinc en aguas del río Crucero, siendo mayores en el PMI (1.059 mg/L) y PMV (0.29288 mg/L), mientras que las muestras de arsénico se encontraron por debajo de los límites de detección (0.00003 mg/L) en la totalidad de los puntos muestreados. Las concentraciones de cadmio y zinc en agua están por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental de Perú (ECA)

Coila (2024), evaluó el nivel de contaminación por metales pesados: Plomo, Níquel, Cadmio, Mercurio y Arsénico en agua para riego y suelo agrícola en el distrito de Llalí, provincia Melgar, observó la presencia de metales pesados en agua para riego y suelo agrícola, teniendo mayor concentración de Arsénico 0.0381 mg/l en el agua para riego; valores máximos de 25.05 mg/kg de Plomo y 29.05 mg/kg de Arsénico según decreto supremo N° 004-2017 MINAM.

Sánchez et al.(2021), con el objetivo de determinar la presencia de metales pesados tales como plomo, cromo, arsénico, mercurio y cadmio del río Ichu en su recorrido por las zonas urbanas del distrito de Huancavelica. Para ello utilizó el método de espectroscopía de absorción atómica. Encontrando los siguientes resultados en la estación 1: Arsénico 0,0459 mg/l, cromo <0,02 mg/l, cadmio <0,0002 mg/l, plomo <0,020mg/l y mercurio <0,0002 mg/l manteniéndose constantes las concentraciones en las demás estaciones de muestreo. Concluye que los metales pesados evaluados como el arsénico y plomo

presentaron concentraciones elevadas, excediendo los Estándares de Calidad Ambiental para aguas para la categoría 1 de uso poblacional.

Zevallos et al. (2024), identificó distintos tipos de metales pesados contaminantes en la cuenca del río Alto Huallaga y en los suelos agrícolas cercanos. En el tramo del río Huallaga, específicamente en Puente Taruca, se hallaron concentraciones de cadmio (0.002 mg/L), plomo (0.07 mg/L) y cobre (2.7 mg/L). La presencia de estos metales en las aguas del río Huallaga se atribuye a los desechos mineros que desembocan en el cauce. En los suelos ribereños del tramo Pallanchacra, se encontraron cadmio (0.07 mg/Kg), plomo (0.5 mg/Kg) y cobre (2.5 mg/Kg). En el tramo de Churubamba, las concentraciones fueron de cadmio (0.06 mg/Kg), plomo (0.9 mg/Kg) y cobre (2.3 mg/Kg). Según Fuentes y Coral (2019), concluye que el río Huallaga presenta niveles de contaminación por cadmio entre 0.003 y 0.004 mg/L, plomo entre 0.005 y 0.06 mg/L, y cobre entre 0.007 y 0.09 mg/L.

Flores (2022), presenta el promedio mensual de concentración de metales pesados en el suelo del campo experimental entre los meses de Julio a Noviembre encontrando las siguientes concentraciones en ppm Cadmio (Cd) 0,100 - 0,022 - 0,032 - 0,026 - 1,10, Plomo (Pb)12,000 - 3,820 - 2,693 - 6,124 - 26,80 y Zinc (Zn) 20,000 - 13,020 - 8,241 - 11,263 - 32,20. Los datos reflejan la variación en la concentración de cadmio (Cd), plomo (Pb), y zinc (Zn) a lo largo del período de crecimiento de las plantas de maíz irrigadas con agua proveniente de la cuenca baja del río Huaura. Durante el primer mes, la concentración de cadmio fue relativamente baja, pero alcanzó niveles más elevados en noviembre. Asimismo, las concentraciones de plomo y zinc aumentaron en noviembre, mostrando una diferencia significativa respecto a los meses anteriores. Este incremento en la concentración de metales pesados en el suelo puede atribuirse a la presencia de Cd, Pb y Zn en el agua de riego utilizada en la cuenca baja del río Huaura

REGIONAL Y LOCAL

Sanchez (2019), menciona que los recursos hídricos en la región Moquegua se encuentran impactados por la gran minería provocando múltiples pasivos ambientales;

cuyos resultados demostraron que en épocas, seca y de precipitaciones en comparación con los ECA presentaron concentraciones bajas en Plomo (0.00172 mg/L a < 0.00025 mg/L), Aluminio (3.73 mg/L a 0.0565 mg/L), y Estroncio (1.06 mg/L a 0.215 mg/L) durante época seca; mientras que, en época de avenida, el aluminio superó los ECA para agua (28.2 mg/L) en aproximadamente 600% veces mayor al ECAI, lo cual es nocivo para los cultivos, flora y fauna de la subcuenca. Concluyen que: las aguas para fines agrícolas y pecuaria de la subcuenca Moquegua – Ilo - Osmore, constituyen un riesgo leve, advierten que, la concentración de aluminio en época de precipitaciones afecta su calidad.

Ccasa (2023), investigó sobre la concentración de metales pesados en la cuenca Moquegua - Osmore; para ello eligió seis estaciones de monitoreo analizados mediante espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado conocido como ICP-MS. encontrando resultados como: cromo 0,0071 mg/L, berilio $<0,0025$ mg/L, cobre 0.145 mg/L y para molibdeno 0.00557 mg/L, Las mayores concentraciones de metales tanto en época seca como en la temporada de avenida, fueron para cromo 0,0071 mg/L, para cobre 0.145 mg/L para berilio $<0,0025$ mg/L, y para molibdeno 0.00557 mg/L; dichos resultados indicaron que, en ninguno de los puntos de muestreo, las concentraciones de los metales excedieron los ECA para Agua, de acuerdo al D. S. N° 004-2017-MINAM, para la Categoría 1 Poblacional, Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, como para la Categoría 3 – Riego de Vegetales y Bebida para Animales.

Inchuanaco, (2021), con el objetivo de evaluar los niveles de contaminación por metales pesados en sedimentos del estuario de Boca del Río, y compararlos con los ECA de Sedimentos del Departamento de Ecología de los Estados Unidos, mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica encontraron las concentraciones medias de los metales pesados As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, y Pb, fueron de: 62.451 mg/kg, 1.817 mg/kg, 0.001 mg/kg, <0.001 mg/kg, 0.006 mg/kg, 0.003 mg/ kg y 0.0701 mg/kg respectivamente y a orillas del Río Osmore, el metal pesado con mayor concentración sobrepasando los ECA, fue el Arsénico (As), con una concentración promedio de 62.451 mg/kg; demostrando que existe relación entre la contaminación de Arsénico, y la calidad de agua

así como en la calidad de sedimentos, por lo que es necesario un monitoreo más continuo de los riesgos ambientales que pueda ocasionar en el ecosistema

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la concentración de metales pesados en aguas del río Cuchumbaya de acuerdo a los DS 004-2017 MINAM distrito Cuchumbaya - Moquegua, 2024

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar la concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya con los ECA subcategorías A destinadas a la producción de agua potable.
- Comparar la concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya con los ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.1. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS.

La contaminación del ambiente por los metales pesados, particularmente en las aguas, es uno de los problemas de carácter socio-ambiental así como para la salud pública con relevancia en el Perú. encontrando fuentes diversas por las características de cada territorio sumando los procesos geológicos, vertimiento de aguas negras, relaves mineros, residuos industriales, agroquímicos y la existencia de pasivos ambientales. Además, de los impactos negativos que generan alteraciones en la salud de los pobladores, los productos agrícolas y los ecosistemas (COSUDE, 2023); debido a la actividad industrial y el aumento de los niveles de estos elementos en los suelos y aguas, considerando como principales fuentes de contaminación a la minería, metalurgia, agricultura, contaminación por tráfico (Fertilab, 2020).

El agua contiene metales pesados de forma natural, sin embargo, se incrementa, por un enriquecimiento natural al pasar por acuíferos subterráneos por la existencia de rocas con elevadas concentraciones de metales pesados, generalmente relacionada a las actividades humanas, como la minería y la industria, generando residuos como el plomo, mercurio, cadmio, el arsénico y el cromo, llegando a los ríos contaminando sus aguas (García et al., 2022)

2.1.2. LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS DE LAS FUENTES HÍDRICAS

Los principales problemas de las fuentes hídricas se deben a la toxicidad que presentan en el agua especialmente de los ríos la presencia de metales pesados entre ellos

constituye mayor relevancia toxicológica en las aguas el mercurio (Hg), arsénico (As), cromo (Cr), plomo (Pb), cadmio (Cd), níquel (Ni) y zinc (Zn); así como la provocada por actividades antropogénicas, especialmente la minería, actividades agropecuarias, emisiones industriales y los sedimentos residuales (Yépez, 2019).

El pH es un factor clave en la regulación de la disponibilidad de metales para las plantas. En su mayoría, los metales están más accesibles en condiciones de acidez, ya que un descenso en el pH mejora tanto su solubilidad como su absorción por las raíces. Sin embargo, en ciertos casos, un aumento del pH del suelo no conlleva una reducción en la disponibilidad de algunos elementos como el arsénico (As), molibdeno (Mo), selenio (Se) y cromo (Cr). Por lo tanto, el pH es un parámetro importante para determinar la movilidad de los cationes, ya que en ambientes con un pH moderadamente alcalino estos pueden precipitar en forma de hidróxidos (Flores, 2022)

2.1.3. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL PERÚ.

Fuentes naturales: Caracterizadas por la naturaleza química de los suelos en zonas volcánicas u origen cuaternario con la existencia de metales y metaloides como el cobre, hierro o arsénico. **Fuentes antropogénicas:** por el manejo desmesurado de agroquímicos, minería informal, pasivos ambientales, vertimientos de aguas servidas sin previo tratamiento y disposición inadecuada de residuos sólidos, afectando la calidad de los recursos hídricos en las 35 unidades hidrográficas del Perú (Aquino, 2017). La contaminación de los ríos se debe a agentes naturales erosivos que desintegran y arrastran partículas, las cuales tienen la capacidad de autodepurarse y a las actividades industriales, minería, vertidos urbanos, agricultura y la ganadería (Guambo et al., 2022); La presencia de metales pesados como el arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb), manganeso (Mn) y cromo (Cr) es posible por la influencia de las actividades humanas o por la interacción del agua con los sedimentos y el material particulado del aire circundante en el entorno, provocando variaciones en las concentraciones en los sedimentos y aguas de los ríos (Apaza et al., 2023).

El arsénico es un componente natural de la corteza terrestre; distribuido en el ambiente, caracterizado por su elevada toxicidad. Variados procesos naturales y actividades humanas hacen que se libere arsénico al ambiente como la erosión de minerales, las erupciones volcánicas y distintos procesos industriales provocan que el arsénico este presente en la tierra, el aire y el agua (Tandazo et al., 2021)

La modificación de los componentes químicos, físicos y biológicos del entorno natural es un fenómeno preocupante. El traslado de metales, independientemente de su origen, a lo largo de las cuencas altera las propiedades del agua, el suelo y el subsuelo. Estos cambios pueden desencadenar la liberación de sustancias contaminantes, afectando las aguas superficiales a través de procesos como la acumulación biológica y su propagación en la cadena alimentaria, lo que representa un peligro inminente para todo el país (Correa, 2021).

Toxicidad de los metales pesados más comunes.

El plomo (**Pb**) se produce por la descomposición radioactiva del uranio y el actinio, y se puede encontrar en los suelos, también puede introducirse en el medio ambiente a través de otras vías, como el uso de equipos que contienen plomo como los agroquímicos, o agua contaminada con plomo; es uno de los intoxicantes más frecuentes en el ganado, especialmente en rumiantes jóvenes, ya que estos carecen de una microflora ruminal funcional. El arsénico (**As**), puede distribuirse en el agua, el aire y el suelo; es considerado muy tóxico en su forma inorgánica, pudiendo afectar la piel e incluso provocar cáncer. El mercurio (**Hg**) también constituye un problema debido a su capacidad para contaminar y alterar la cadena trófica, la exposición permanente a este metal puede provocar toxicidad asintomática (de la Cueva et al., 2021).

Metales pesados tóxicos y esenciales

Los metales más estudiados por su toxicidad son: el Hg, Pb, As, Cd, Cr, Zn, Cu, Ni, Sn y Co, sin embargo, no son los únicos que deben ser monitoreados. Sus efectos perjudiciales en los humanos son diversos, debido a su persistencia, se bioacumulan ya que se magnifican en las cadenas tróficas, siendo altamente tóxicos incluso en bajas

concentraciones; algunos metales son esenciales para el desarrollo normal de las plantas siendo componentes y/o catalizadores para proteínas y enzimas (Mn^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Cu^{2+}) y otros metales pese a no ser esenciales si resultan beneficiosos para las plantas (Cr^{3+} , V, Ti, Co, Se) (Gamboa, 2021).

Efectos nocivos de los metales pesados en plantas y humanos

Arsénico: Provoca muchos trastornos cardiovasculares, dérmicos, pulmonares, neurológicos, renales y metabólicos. Alterando varios procesos fisiológicos de las plantas; pueden causar daños estructurales, daño a células, muy tóxico y extremadamente bioacumulativo. **Mercurio:** El metilmercurio es un compuesto neurotóxico ya que provoca destrucción de microtúbulos, daño mitocondrial, peroxidación lipídica y acumulación de moléculas neurotóxicas; altera los sistemas enzimáticos de las células, deficiencia nutricional en las plantas. **Cadmio:** una exposición prolongada puede provocar cáncer y toxicidad en los sistemas de órganos como el esqueléticos, urinarios, reproductivos, cardiovasculares, neurológicos centrales y periféricos y respiratorios de los animales. además provoca diversos tipos de toxicidad en las plantas. El **Cromo** provoca clorosis y necrosis; el Cr (VI) es mutagénico y está clasificado como carcinógeno humano del grupo no tiene ningún papel biológico, pero es altamente tóxico. El **Aluminio** es perjudicial para las células nerviosas, óseas y hematopoyéticas. El **Hierro:** la conversión de iones ferrosos en iones férricos libera radicales libres de hidrógeno que atacan el ADN y causan daño celular, mutaciones y transformaciones malignas (Yadav & Sharma, 2023).

Demandas de recursos hídricos.- De acuerdo con la Ley de Recursos Hídricos, el uso del recurso hídrico se entiende como las distintas clases de empleo del agua según su destino, la mayor demanda es el volumen de agua requerido para uno o varios usos; de acuerdo a la LRH se reconocen tres usos: **Uso primario** no se requiere de autorización, el empleo es directamente de la fuente, sin emplear infraestructura hidráulica. **Uso poblacional** para consumo humano y **Uso productivo** asociado a las actividades económicas requieren de infraestructura hidráulica para su captación y su demanda (Aquino, 2017).

El exceso de metales como el Aluminio, Mercurio, Plomo, entre otros resultados de mucha importancia para las plantas, especialmente en suelos ácidos donde la fitotoxicidad por metales nocivos se evidencia tanto en el crecimiento, en la formación del sistema radicular lateral y secundario (Pabón, 2023)

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Agua. El agua además de ser un recurso es un valor, forma parte del patrimonio natural, no se debe percibir sólo como un parámetros químico, tecnológicos y económicos ya que forma parte de lo emocional, por lo tanto, la respuesta a planteamientos relacionados con el agua no tiene por qué ser sólo racional (Acharte, 2020).

Contaminación. Es la alteración de la calidad natural de una sustancia por acción humana, que la hace total o parcialmente inadecuada para los usos a los que se requiera. Ejemplo: Las características que determinan la calidad del agua se deben a su apariencia física, química y microbiológicas (Hernández et al., 2020)

Contaminación del agua

Cuando sustancias nocivas químicas o microorganismos contaminan un río, un lago, un océano, un acuífero u otro cuerpo de agua, degradando su calidad y haciéndola tóxica para los seres humanos o el medio ambiente (WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos, 2018).

ECA: Estándares de Calidad Ambiental para aguas superficiales destinadas para producción de agua potable y Riego de vegetales y bebida de animales, DS N° 004-2017-MINAM

Metales pesados

Un metal pesado se puede definir como metal o metaloide son contaminantes inorgánicos de naturaleza no degradable y a menudo se acumulan en niveles crecientes, lo que conduce o causa efectos biológicos nocivos, que puede ser peligroso al acumularse en animales o plantas por su alto potencial toxicológico, por su alta difusión. Los metales más relevantes por su toxicidad son: el mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo

(Cr), arsénico (As), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn), níquel (Ni); los metales pesados

Río. Corriente de agua de un solo sentido o dirección que recorre la superficie terrestre con movimiento constante y es abastecida por las precipitaciones pluviales, deshielo de las montañas, escurrimientos superficiales y los mantos freáticos. Los ríos son corrientes de agua que conforman sistemas del ciclo hidrológico natural, muchas veces complejos siendo su gestión es causa de polémicas entre regiones y países (Martínez & Gil, 2014).

2.3. MARCO NORMATIVO

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua de acuerdo a las categorías y subcategorías.

Artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

D.S. N° 018-2012-AG Reglamento de Participación Ciudadana para la Evaluación, Aprobación y Seguimiento de Instrumentos de Gestión Ambiental del Sector Agrario

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La concentración de metales pesados en aguas del río Cuchumbaya no cumplen con lo establecido por el DS 004-2017 MINAM distrito Cuchumbaya - Moquegua, 2024

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya no cumplen con los ECA subcategorías A destinadas a la producción de agua potable.
- La concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya no cumplen con los ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El distrito de Cuchumbaya se encuentra localizado en la provincia de Mariscal Nieto departamento de Moquegua, cuenta con una Población de 685 habitantes, densidad de población 9,9 hab./km², una Superficie de 6 900 hectáreas (69,00 km²) se encuentra a una de Altitud: 3 156 m. s. n. m.

Coordenadas: 16°45'04" S 70°41'10" O / -16.7509756, -70.6861433



Figura 01: Georreferencia del lugar de investigación Cuchumbaya

Fuente: Google Maps

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio estuvo conformada por las aguas del río Cuchumbaya que provee del vital líquido para riego de cultivos y para consumo humano, con una longitud aún desconocida

3.2.2. TAMAÑO DE MUESTRA

Para la toma muestra se consideró el tramo de la parte alta próximo al pueblo de Cuchumbaya, considerando dos puntos de muestreo el primero aguas arriba de la derivación de aguas para uso agropecuario y la segunda aguas debajo de la bocatoma curso de agua derivado, para finalmente mezclar homogéneamente las dos obteniendo una muestra de 1 litro la cual fue enviada para su correspondiente análisis en laboratorio debidamente codificada.

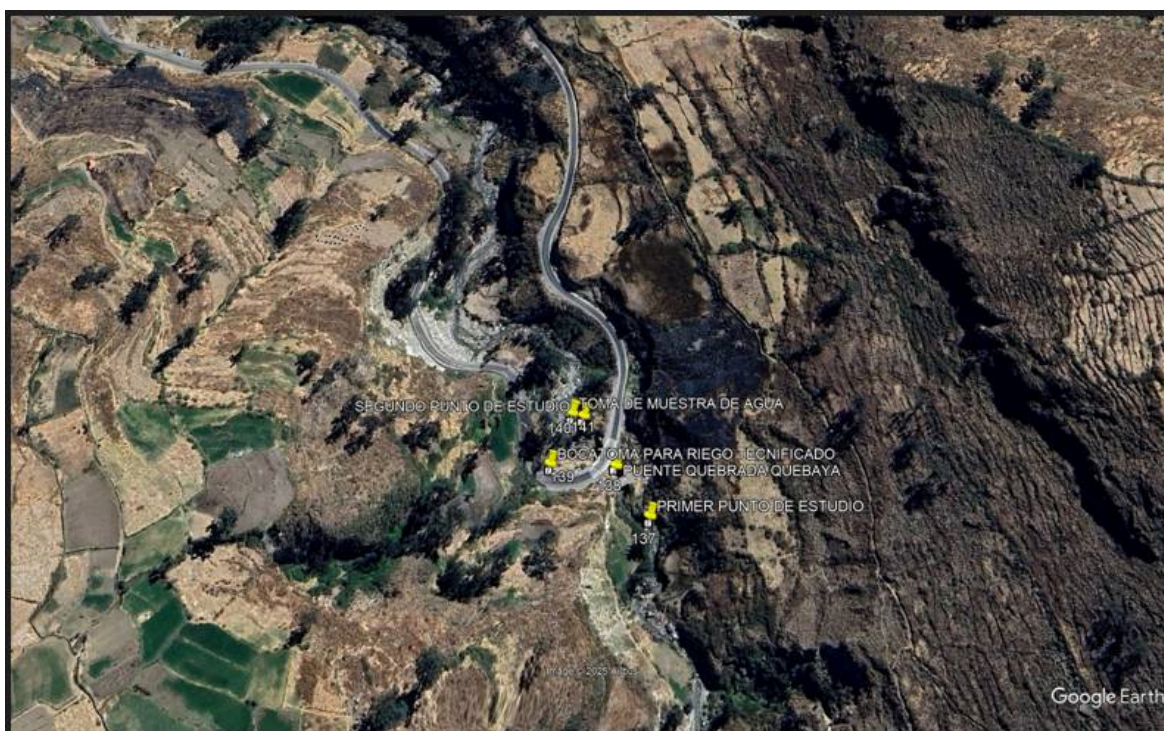


Figura 02: Puntos de muestreo de aguas del río Cuchumbaya.

Fuente: Google Earth

3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODO

Cuantitativo

- **Técnicas:** Registro
- **Instrumentos:** Hoja de registro (anexo 5)
- Instrumento de medición GPS.

3.3.1.1. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS

PARA OBJETIVO 1: Comparar la concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya con los ECA subcategorías A, destinadas a la producción de agua potable.

- Se procedió de acuerdo al protocolo de monitoreo de aguas superficiales como sigue:
- Se prepararon los frascos para el recojo de muestras de agua, debidamente limpios para evitar la contaminación de las muestras de agua.
- Se ubicaron los puntos de recolección de la muestra, registrando in situ las coordenadas UTM mediante un GPS.
- Antes de ingresar al río para recoger la muestra de agua se utilizaron botas de jebe, guantes descartables, barbijo y gafas protectoras.
- Se ingresó lo más aproximado al punto medio de la corriente considerando el caudal del río por tratarse de época de avenida.
- Se alzó el envase y se sacó la tapa sin contaminar la superficie interna del frasco.
- Se enjugó 3 veces con el agua del río antes de recolectar la muestra.
- Se sujetó el frasco por debajo del cuello y sumergiéndose con la boquilla del en el sentido de la corriente de agua del río extrayendo la muestra lentamente hasta llenar por completo el frasco, evitando la formación de burbujas, se tapó herméticamente y se colocó en un cooler a fin de preservar las muestras, el frasco con la muestra debidamente etiquetada con los datos como: nombre del solicitante, código del punto de muestreo, tipo de cuerpo de agua, fecha y hora de muestreo, nombre del responsable de la toma de muestra y tipo de análisis requerido.

- Finalmente se procedió con el llenado de la cadena de custodia requerida por el laboratorio.
- El frasco debidamente tapado, se colocó dentro un cooler con material refrigerante para mantener una temperatura entre 3°C a 5°C y se envió al laboratorio cumpliendo los tiempos de almacenamiento.
- Obtenidos los resultados de laboratorio se procedió a presentarlos en tablas y figuras estadísticas para su comparación con los ECA categoría A1 del DS. 004-2017 MINAM. Para su interpretación, análisis y discusión.

PARA EL OBJETIVO 2: Comparar la concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya con los ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Para lograr este objetivo se compararon los resultados por separado con los ECA DS-004- 2017 MINAM categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales realizando su correspondiente interpretación análisis y discusión con los antecedentes correspondientes.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE

Metales pesados

VARIABLE DEPENDIENTE:

Agua del río Cuchumbaya

Tabla 01: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
			Alto
Variable	Nivel de Concentración	Cd, Pb, Hg, As,	Medio
<u>Independiente</u>		Mn, Cr, Zn, Ni	bajo
Metales pesados			
<u>Variable</u>	- Consumo humano	ECA DS 004-2017	Cumple
<u>Dependiente</u>	- Riego vegetales	MINAM	No cumple
	- Bebida de animales		
Agua del río			
Cuchumbaya			

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

El diseño estadístico, aplicado fue descriptivo. Los resultados fueron debidamente sistematizados y presentados en tablas y gráficos estadísticos, tendencia central media aritmética simple, finalmente interpretados y discutidos contrastándolos con los resultados de investigaciones similares (antecedentes).

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LAS AGUAS DEL RÍO CUCHUMBAYA CON LOS ECA SUBCATEGORÍA A

Tabla 02: Concentración de metales pesados y arsénico comparado con los ECA Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

METALES PESADOS	RESULTADOS	ECA A1	ECA A2	ECA A3	S	NS
Concentración en mg/L						
Cadmio (Cd)	0,00003	0,003	0,005	0,01		x
Mercurio (Hg)	0,0001	0,001	0,002	0,002		x
Plomo (Pb)	0,0002	0,01	0,05	0,05		x
Manganeso (Mn)	0,1681	0,4	0,4	0,5		x
Zinc (Zn)	0,0180	3,0	5,0	5,0		x
Níquel (Ni)	0,0022	0,07	**	**		x
Cromo (Cr) total	0,0003	0,05	0,05	0,05		x
Arsénico (As)	0,06648	0,01	0,01	0,15	x	

A1= Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

A2= Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

A3= Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

** = No aplica

S = Supera, NS = No supera

La Tabla 2 muestra la concentración de metales pesados y arsénico en mg/L en el agua del río Cuchumbaya. Se observa que los metales cadmio, mercurio, plomo, manganeso, zinc, níquel y cromo no superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS 004-2017-MINAM para la categoría 1, destinada a la producción de agua potable en sus subcategorías A1, A2 y A3. Sin embargo, el arsénico presenta una concentración de 0,06648 mg/L, excediendo los límites permitidos para las subcategorías A1 y A2, aunque dentro de los valores aceptables para la subcategoría A3, que contempla aguas potabilizadas con tratamiento avanzado.

Por esta razón, las aguas del río Cuchumbaya no son aptas para el consumo humano, ya que la exposición al arsénico puede provocar trastornos cardiovasculares, dérmicos, pulmonares, neurológicos, renales y metabólicos (Yadav & Sharma, 2023).

Los resultados de esta investigación son comparables con los obtenidos por Yanigsa (2024), en su estudio sobre contaminación ambiental por metales pesados en el río Piñog, Condesuyos - Arequipa, en 2022, encontró que, tanto en temporada seca como en avenida, las concentraciones de metales pesados no superaron los estándares de calidad del agua, excepto en el caso del arsénico, con una concentración de 0,04 mg/L. Asimismo, Incahuanaco et al. (2021) identificaron, en su estudio en las orillas del río Osmore, Boca del Río - Tacna, que el metal pesado con mayor concentración sobrepasando los ECA fue el arsénico (As), con una concentración promedio de 62,451 mg/L, significativamente superior a la registrada en la presente investigación.

Sánchez et al. (2021) evaluaron la presencia de metales pesados en las aguas del río Ichu, en el distrito de Huancavelica. Sus resultados mostraron concentraciones ligeramente superiores de cromo (<0,02 mg/L), cadmio (<0,0002 mg/L), plomo (<0,020 mg/L) y mercurio (<0,0002 mg/L). Sin embargo, la concentración de arsénico fue de 0,0459 mg/L, menor que la encontrada en el río Cuchumbaya (0,06648 mg/L). En ambos casos, los valores exceden los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) comparados con las subcategorías A1 y A2. Estos resultados se deben a diferentes procesos naturales y actividades humanas provocando que se libere arsénico al ambiente como la erosión de

minerales, las erupciones volcánicas y distintos procesos industriales provocando que el arsénico esté presente en la tierra, el aire y el agua (Tandazo et al., 2021). Finalmente se puede indicar que, el traslado de metales, sin importar su origen, a través de las cuencas provoca modificaciones en las características físicas y químicas del agua, el suelo y el subsuelo. Estos cambios pueden conducir a la liberación de sustancias contaminantes, afectando las aguas superficiales mediante procesos como la acumulación biológica y la transmisión a través de la cadena alimentaria (Correa, 2021).

4.2. COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LAS AGUAS DEL RÍO CUCHUMBAYA CON LOS ECA CATEGORÍA 3:

Tabla 03: Concentración de metales pesados y arsénico comparada con los ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

METALES PESADOS	Resultados	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida	S NS
		No restringido	Restringido	de animales	
c					
Concentración en mg/L					
Cadmio (Cd)	0,00003	0,01	0,05		x
Mercurio (Hg)	0,0001	0,001	0,01		x
Plomo (Pb)	0,0002	0,05	0,05		x
Manganeso (Mn)	0,1681	0,2	0,2		x
Zinc (Zn)	0,0180	2,0	24,0		x
Níquel (Ni)	0,0022	0,2	1,0		x
Cromo total (Cr)	0,0003	0,1	1,0		x
Arsénico (As)	0,06648	0,1	0,2		x

S= Supera **NS**= No supera

Como se observa en la Tabla 3, las concentraciones de metales pesados y arsénico no superan los ECA Categoría 3: Riego de vegetales D1. Este tipo de riego restringido se refiere a las condiciones del agua utilizada para el riego de cultivos, especialmente aquellos que se consumen crudos. Por ello, su uso debe realizarse con precaución y bajo regulaciones específicas para evitar riesgos a la salud y al medio ambiente. Sin embargo, no está restringido para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, así como para el consumo de animales (MINAM, 2017).

En relación con los resultados obtenidos, Sánchez (2019) menciona que los recursos hídricos en la región Moquegua han sido impactados por las actividades mineras. Sus estudios demostraron que, en época seca y de avenida, las concentraciones de Plomo (0.00172 a <0.00025 mg/L) y Aluminio (3.73 a 0.0565 mg/L) durante la época seca no superaron los ECA. Sin embargo, en época de avenida, el Aluminio alcanzó los 28.2 mg/L, superando los ECA para agua, lo cual es nocivo para los cultivos agrícolas y el consumo de animales en la subcuenca Moquegua – Ilo – Osmore, constituyendo un riesgo leve, especialmente en temporada de precipitaciones.

Estos resultados son similares a los obtenidos en las aguas del río Cuchumbaya, las cuales no superaron los ECA para riego de vegetales ni para bebida de animales, excepto en el caso del Aluminio.

Por su parte, Coila (2024) evaluó la contaminación por metales pesados (Plomo, Níquel, Cadmio, Mercurio y Arsénico) en agua para riego y suelo agrícola en el distrito de Llallí, provincia Melgar. Su estudio encontró la mayor concentración de Arsénico en 0.0381 mg/L, un valor menor en comparación con los 0.06648 mg/L registrados en las aguas del río Cuchumbaya.

Finalmente, Rubio (2024), identificó concentraciones de Pb (0.004 mg/L), Cd (0.002 mg/L) y Cr (0.003 mg/L) que, aunque levemente superiores, se mantuvieron dentro de los límites establecidos. En contraste, la concentración de As fue de 0.005 mg/L, un valor menor en comparación con los 0.06648 mg/L detectados en el río Cuchumbaya. Ambas

investigaciones confirmaron que los niveles encontrados cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) de agua en la Categoría 3, destinada al riego de vegetales y consumo animal, conforme a lo estipulado en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Sin embargo es conveniente considerar que, el uso permanente de este tipo de aguas para riego y bebida de animales a pesar de la menor toxicidad de arsénico orgánico comparado con el inorgánico, la exposición puede provocar disminución del peso al nacimiento, malformaciones y mortalidad del feto y una serie de trastornos en las madres. En las plantas provoca la destrucción de la clorofila en el follaje como una consecuencia de la inhibición en la producción de enzimas, pudiendo afectar la salud humana por consumo de estos productos (Tandazo et al., 2021)

4.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS

Contrastando las Hipótesis alterna H_a e hipótesis nula H_0 . Con la finalidad de probar la veracidad o falsedad de las hipótesis formuladas de acuerdo a los resultados obtenidos.

Hipótesis específica 1

Hipótesis alterna H_a : La concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya no cumplen con los ECA subcategorías A destinadas a la producción de agua potable.

Hipótesis nula H_0 : La concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya cumplen con los ECA subcategorías A destinadas a la producción de agua potable

Realizando el análisis en concordancia con los resultados obtenidos en la tabla 3 sobre la concentración de metales pesados y arsénico comparada con los ECA Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, pese a que los metales pesados Cd, Pb, Hg, Zn, Ni Cr total y Mn cumplen con los ECA con excepción de arsénico As al ser este un contaminante inorgánico altamente dañino para la salud humana, se acepta la hipótesis alterna **H_a** y se rechaza la hipótesis nula **H_0** .

Hipótesis específica 2.

Hipótesis alterna H_a : La concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya no cumplen con los ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Hipótesis nula H_0 : La concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya cumplen con los ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Realizando el análisis en concordancia con los resultados obtenidos en la tabla 3 sobre la concentración de metales pesados y arsénico comparada con los ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, la concentración de los metales pesados y arsénico cumplen con los ECA, por lo tanto: Se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_a)

CONCLUSIONES

PRIMERA: La concentración de metales pesados y arsénico, comparada con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (Subcategoría A), indica que, si bien los metales Ca, Pb, Hg, Zn, Ni, Cr total y Mn cumplen con los límites establecidos, la presencia de arsénico (As) excede dichos estándares. Debido a su elevada toxicidad, esta agua no es apta para el consumo humano, ya que representa un riesgo para la salud. Sin embargo, podría ser utilizada para el riego de vegetales y el consumo de animales, aunque con ciertas restricciones para minimizar posibles efectos adversos

SEGUNDA: La concentración de metales pesados y Arsénico en las aguas del río Cuchumbaya no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para la subcategoría A1 y A2, destinadas a la producción de agua potable. Esto se debe a la presencia de Arsénico, cuya concentración (0,06648 mg/L) supera el límite establecido por los ECA (0,01 mg/L), lo que representa un riesgo para la salud. En contraste, los niveles de los metales Cadmio (0,00003 mg/L), Mercurio (0,0001 mg/L), Plomo (0,0002 mg/L), Manganeseo (0,1681 mg/L), Zinc (0,0180 mg/L), Níquel (0,0022 mg/L) y Cromo total (0,0003 mg/L) se encuentran dentro de los límites permitidos.

TERCERA: La concentración de metales pesados y arsénico en el agua, incluyendo Cadmio (0,00003 mg/L), Mercurio (0,0001 mg/L), Plomo (0,0002 mg/L), Manganeseo (0,1681 mg/L), Zinc (0,0180 mg/L), Níquel (0,0022 mg/L), Cromo total (0,0003 mg/L) y Arsénico (0,06648 mg/L), cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en la Categoría 3. Específicamente, para las subcategorías D1, destinadas al riego de vegetales, y D2, para el consumo de animales.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A la Municipalidad del distrito de Cuchumbaya implementar procesos de filtración con materiales adsorbentes para reducir la concentración de arsénico en el agua. Además, se sugiere establecer un programa regular de monitoreo para evaluar los niveles de arsénico y otros metales pesados en los cultivos, con el fin de minimizar los riesgos de bioacumulación. Asimismo, es fundamental informar a las comunidades locales sobre los peligros del consumo directo de agua contaminada y promover mejores prácticas para su uso seguro en agricultura y ganadería.

SEGUNDA: A futuros investigadores, se les insta a identificar las posibles fuentes de arsénico en el río, ya sea por actividad minera o por condiciones geológicas naturales. También se recomienda evaluar técnicas de reducción de arsénico en cuerpos de agua y explorar fuentes alternativas de agua potable, así como mejorar los procesos de tratamiento para el consumo humano.

TERCERA: Se exhorta al Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) a informar a los agricultores y ganaderos sobre los riesgos asociados al uso de agua con metales pesados, además de promover buenas prácticas para su manejo seguro. Asimismo, se propone un monitoreo constante de la calidad del agua utilizada en actividades agrícolas y pecuarias, garantizando la seguridad alimentaria y la protección del medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Acharte Lume, L. M. (2020). Presencia De Cadmio Y Plomo En Agua, Suelo Y Su Acumulación En Pastos Naturales De Las Bocaminas San Antonio Y Tangana De La Comunidad De Huachocolpa Huancavelica-2018. *Repositorio Institucional - UNH*, 89.
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2998%0Ahttp://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1540>
- Aguilar, D., Díaz, A., Ortega, B., Lira, M. F., & López, M. (2023). Evaluación de la presencia de metales pesados en los sedimentos del río de Cata. *Verano de La Ciencia*, 1–5. www.jovenesenlaciencia.ugto.mx
- Apaza, R. M. C., Gonzales, L. F. A., & Ancca, S. M. (2023). Concentration of Heavy Metals Levels in Sediments from the Upper Zone of the Locumba River, Peru. *Producción y Limpia*, 18(2), 103–115. <https://doi.org/10.22507/pml.v18n2a6>
- Aquino, E. P. (2017). *Calidad del agua en el Perú; Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales*. Lima: DAR, 2017.
https://www.dar.org.pe/archivos/publicacion/176_aguasresiduales.pdf
- Badamasi, H., Olusola, J. A., Durodola, S. S., Akeremale, O. K., Ore, O. T., & Bayode, A. A. (2023). Contamination Levels, Source Apportionments, and Health Risks Evaluation of Heavy Metals from the Surface Water of the Riruwai Mining Area, North-Western Nigeria. *Pollution*, 9(3), 929–949.
<https://doi.org/10.22059/POLL.2023.352517.1721>
- Brito, M., & Méndez, P. (2022). Evaluación de la contaminación por metales pesados del Río Cuchipamba , Morona Santiago Evaluation of contamination by heavy metals in the Cuchipamba River , Morona Santiago Avaliação da contaminação por metais pesados no rio Cuchipamba , Morona Santiago. *Polo Del Conocimiento*, 7(7), 1987–2013. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i7>
- Ccasa, A. V. A. U. de P. de la F. de C. N. y F. (2023). *Estudio de la calidad del agua por presencia de Cobre, Cromo, Berilio, Molibdeno y posibles fuentes de contaminación*

en épocas de estiaje y humedad en la cuenca de Moquegua - Osmore Ilo para evaluar su potabilización. <https://repositorio.unsa.edu.pe/search?query=CCASA>
AÑAMURO, VICTOR ANGEL

Cevallos, M. M., M.D., L. A., & Cuello Pérez, M. (2023). Determinación de metales pesados (Pb, Cd, Hg, As) en aguas del río Teaone, Ecuador. *Journal of Energy Engineering Optimization and Sustainability*, 173–188. <https://doi.org/10.19136/Jeeos.a7n3.5692>

Coila, M. J. M. (2024). *Evaluación del nivel de contaminación por metales pesados en agua para riego y suelo agrícola en el distrito de Llalli provincia de Melgar – Puno Universidad Nacional Del Altiplano Facultad De Ingeniería Agrícola.* <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/22066>

Correa Cuba, O. (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>

COSUDE, A. S. para el D. y la C. (2023). *Metales pesados en agua para consumo humano: Una propuesta para su remoción.* 24. https://www.cooperacionsuiza.pe/wp-content/uploads/2023/07/PUBLICACION_AGU_A-EMP-final.pdf

Cusiche Pérez, L., Espinoza Tumialan, C., & Espinoza Tumialan, G. (2021). Determinación de metales pesados en agua para consumo humano de la ciudad de Junín. *Prospectiva Universitaria*, 18(1), 53–58. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2021.18.1416>

de la Cueva, F., Naranjo, A., Torres, B. P., & Aragón, E. (2021). Presence of heavy metals in raw bovine milk from Machachi, Ecuador. *Granja*, 33(1), 21–30. <https://doi.org/10.17163/LGR.N33.2021.02>

Dejud, D., Mou, V., Acosta, P., & Broce, K. (2022). Determinación de la calidad del agua del Río Caldera, Boquete, Chiriquí. *Ciencia y Práctica*, 2(3), 3–14. <https://doi.org/10.52109/cyp2022321>

- Fertilab. (2020). *Los Metales Pesados y su Efecto Contaminante*.
<https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/190-Metales-Pesados-y-su-Efecto-Contaminante.pdf>
- Flores briceño, R. (2022). Efectos adversos de metales pesados en la agricultura de la cuenca baja del río Huaura provincia de Huaura. *Universidad Nacional de Trujillo*, 95.
[http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/14465/Aguilar Ramos Cesar Hilton.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/14465/Aguilar_Ramos_Cesar_Hilton.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gamboa, N. (2021). *La presencia de los metales pesados en los cuerpos de aguas*; Loes, Aloysioides Qu, *Rev Soc.* 87(3), 193–194.
<https://revistas.sqperu.org.pe/index.php/revistasqperu/article/view/355/309>
- García-Peña, A., Rimaycuna, J., Herrera, E., Bermejo, L., & Cruz, G. (2022). Correlation between the concentration of heavy metals in drinking water and their concentration in the surface water of the Tumbes River, Peru. *Manglar*, 19(2), 137–142.
<https://doi.org/10.17268/manglar.2022.017>
- Guambo, G., Torres, J., & Quiroz, S. (2022). Historical analysis of water pollution in the Portoviejo River. *Minerva*, 3(8), 54–60. <https://doi.org/10.47460/minerva.v3i8.64>
- Hernández, V. O., Raúl, Ó., Villa, M., García, C. P., Luis, J., López, O., Magdaleno, H. F., Chulim, Á. C. A. N., Manuel, H., Escobar, O., & Sánchez, I. (2020). *Evaluación de la calidad del agua y de la ribera en dos cuencas tributarias del río Tuxcacuesco, Jalisco, México; Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, Avenida Independencia Nacional 151. Universidad Autónoma de Nayarit, Un.* 36(3), 689–701. <https://doi.org/https://doi.org/10.20937/RICA.53595>
- Inchuanaco, Naveros Jackeline, Romy Montalván Vasquez, Y. D. L. (2021). Contaminación por metales pesados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, y Pb) en sedimentos superficiales del estuario Boca del Río, Ilo, Moquegua, Perú 2021. *Marine Pollution Bulletin*, 121(1–2), 357–366. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.06.013>
- INEI-PERÚ. (2022). *Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2022* (2022 nd ed.). Lima, diciembre de 2022.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1877/libro.pdf

Maquera, A. C. J. (2022). *Análisis de los niveles de concentración de metales pesados (Pb, As, Al, Cu, Cd, Fe, Ni, B Mn) en época de avenida y estiaje de la cuenca del río Osmore Región Moquegua 2018. Universidad Nacional de Moquegua escuela profesional de Ingeniería Ambiental.*

Martínez Peña, M., & Gil Quílez, M. (2014). El río: un tema cotidiano para el aula de ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra: Revista de La Asociación Española Para La Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 22(3), 257–266.

MINAM. (2017). Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua disposiciones complementarias. *El Peruano*, 6–9.

<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

Novoa Villa, H. H., Arizaca Ávalos, A., & Huisa Mamani, F. (2022). Efectos en los ecosistemas por presencia de metales pesados en la actividad minera de pequeña escala en Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 24(3), 182–189. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.361>

Pabón, R. Benítez, R. A. S.-V. y J. A. G. (2023). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión 1. *2020 Orange Book of Results - Volume 3, 14(27), 190–191.* <https://doi.org/10.18356/9789210057738c088>

Rubio Ruiz, I. Y. (2024). Evaluación de concentración de metales pesados en las aguas del río Tingo-Maygasbamba, del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, 2023. *Universidad Nacional Autónoma de Chota, Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental*, 114. nvestigacionfca@unach.edu.pe

Salazar-Camacho, C., Salas-Moreno, M., Paternina-Uribe, R., Marrugo-Negrete, J., & Díez, S. (2020). Dataset of concentrations of mercury and methylmercury in fish from a tropical river impacted by gold mining in the Colombian Pacific. *Data in Brief*, 33,

106513. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106513>

- Sánchez Araujo, V. G., Chávez Araujo, E. R., Palomino Pastrana, P. A., & Alvarez Ticllasuca, A. (2021). Presencia de metales pesados del río Ichu en zonas adyacentes al distrito de Huancavelica, Perú. *Polo Del Conocimiento: Revista Científico - Profesional*, ISSN-e 2550-682X, Vol. 6, N°. 5, 2021, Págs. 3-13, 6(5), 3–13. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i5.2627>
- Sanchez, V. R. R. (2019). *Niveles de metales pesados (Pb, Al y Sr) en época de avenida y estiaje en el río Osmore, región Moquegua; Tesis, Grado Académico de Maestro en Ciencias, con mención en Gerencia, Auditoría y Gestión Ambiental. Universidad nacional de san agustín de arequip.*
- Tandazo, C., Ladines, M., Malmaceda, M., Subilite, V., & Pesados, E. D. E. M. (2021). *Metales pesados que se encuentran en el río Tumbes y los efectos que producen.* 27.
- WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos). (2018). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones Basadas En La Naturaleza Para La Gestión Del Agua.* <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261494s.pdf>
- Yadav, M., & Sharma, P. (2023). Current Eco-friendly and Sustainable Methods for Heavy Metals Remediation of Contaminated Soil and Water: Special Emphasis on Use of Genetic Engineering and Nanotechnology. *Pollution*, 9(3), 1028–1048. <https://doi.org/10.22059/poll.2023.345177.1522>
- Yanigsa, C. T. M. B. E. (2024). Contaminación ambiental por metales pesados en el río Piñog Condesuyos - Arequipa, 2022. *Ayan*, 15(1), 37–48. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/8917>
- Yépez-Moreira, R. (2019). Evaluación de la contaminación por metales pesados en suelos de la Reserva Ecológica de Manglares Cayapas Mataje (REMACAM) – Ecuador. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica* Página, 7(39), 1–24. www.riiit.com.mx

Zevallos, M. L., Alberto, A., Paucarmayta, M., Lorenzo, G., Ochoa, V., Gomer, G., & Cabello, C. (2024). *Contaminación por metales pesados de microcuenca del río Alto Huallaga y suelos agrícolas river and agricultural soils Poluição por metais pesados da micribacia do rio alto huallaga e solos agrícolas río nacientes de los andes de alturas de Cerro de Pasco . su y moderada afecta a uno de cada diez tramos El trabajo de investigación se desarrolló en las. 41–48.*

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia: concentración de metales pesados en aguas del Río Cuchumbaya distrito Cuchumbaya - Moquegua, 2024

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	DISEÑO METODOLÓGICO
<p>GENERAL: ¿Cuál es la concentración de metales pesados en aguas del río Cuchumbaya de acuerdo a los DS 004-2017 MINAM distrito Cuchumbaya - Moquegua, 2024</p> <p>Específicos: ¿La concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya cumplirán con los ECA subcategorías A destinadas a la producción de agua potable?</p> <p>¿La concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya cumplirán con los ECA subcategorías A destinadas a la producción de agua potable?</p>	<p>GENERAL: Evaluar la concentración de metales pesados en aguas del río Cuchumbaya de acuerdo a los DS 004-2017 MINAM distrito Cuchumbaya - Moquegua, 2024</p> <p>Específicos Comparar la concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya con los ECA subcategorías A destinadas a la producción de agua potable.</p> <p>Comparar la concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya con los ECA subcategorías A destinadas a la producción de agua potable.</p>	<p>GENERAL: La concentración de metales pesados en Cuchumbaya no cumplen establecido por el DS MINAM distrito Cuchumbaya - Moquegua,</p> <p>Específicas La concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya no cumplen con los ECA subcategorías A destinadas a la producción de agua potable.</p> <p>La concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya no cumplen con los ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.</p>	<p>Variable independiente Metales pesados</p> <p>Variable dependiente Agua del río Cuchumbaya</p>	Química	<p>Cd, Pb, Hg, As, Mn, Cr, Zn, Ni</p> <p>ECA DS 004-2017 MINAM Categoría 1 A Categoría 3 D</p>	<p>Alto</p> <p>Medio</p> <p>Bajo</p>	<p>TIPO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descriptiva <p>DISEÑO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descriptivo No experimental <p>POBLACIÓN: Aguas río Cuchumbaya</p> <p>MUESTRA 1 litro de agua</p> <p>MÉTODO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enfoque Cuantitativo <p>TÉCNICA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Registro <p>INSTRUMENTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Registro de datos recolectados • Instrumento

Anexo 02: Registro de ubicación de puntos de monitoreo

FORMATO DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO					
UBICACIÓN DEL LUGAR DE MONITOREO: _____					
DISTRITO: _____			PROVINCIA: _____		
PUNTOS DE MONITOREO:					
PUNTO	UBICACIÓN	DISTRITO	PROVINCIA	COORDENADAS UTM	ZONIFICACIÓN SEGÚN (ECA).

Fuente: (MINAM 2013)

Anexo 03: Categoría 1: Poblacional y Recreacional Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Anexo 04: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24

Anexo 5. Hoja de registro de datos en campo.

RÍO: Cuchumbaya

Punto de monitoreo	Origen de la fuente	Descripción del punto de muestreo	Fecha	Hora	Coordenadas UTM		Elevación m.s.n.m.	Localidad	Distrito	Prov.	Dpto.	Observaciones
					Este	Norte						

Anexo 06: Resultados de los Análisis de laboratorio



BHIOS
LABORATORIOS

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



INACAL
DA - Perú
Instituto de Normas
Peruanas
Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 2195- 2025
PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE	: NINA ACERO JAIME
DIRECCIÓN	: ASOC. BINACIONAL 28 DE JULIO MZA LT. 17
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA SUPERFICIAL
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido transparente.
CODIFICACIÓN / MARCA	: No especificada.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: 19/03/2025 15:40 Procedencia: 19K 0920909 UTM 61467.98 - Moquegua - Mariscal Nieto Cutumbaya.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 100 mL aprox. para análisis PQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envase PE cerrado etiquetado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.7°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 0669-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 21/03/2025

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

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

POP-084-05-01 Versión 01 Fecha de Emisión: 2008/05/01 Revisado por: GTC / Revisado por: CAC / Aprobado por: 300 Página 1 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273326 / 274515 Celular: 983766883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ... calidad a su servicio



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



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 2195- 2025
PÁGINA 2 DE 2

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUPERFICIAL	UNIDADES
				No especificada	
FG	Ag (Plata)	0.00001	0.00008	<0.00006	mg/L
FG	Al (Aluminio)	0.00001	0.01	0.3207	mg/L
FG	Au (Oro)	0.000005	0.00002	0.06643	mg/L
FG	B (Boro)	0.0002	0.005	1.157	mg/L
FG	Ba (Bario)	0.00002	0.00004	0.0007	mg/L
FG	Ba (Bario)	0.000002	0.00002	0.0001	mg/L
FG	Bi (Bismuto)	0.000004	0.00002	0.0000	mg/L
FG	Ca (Calcio)	0.003	0.05	27.80	mg/L
FG	Cd (Cadmio)	0.000001	0.00001	0.00003	mg/L
FG	Ce (Cerio)	0.0000005	0.00002	0.00002	mg/L
FG	Co (Cobalto)	0.000001	0.00001	0.00008	mg/L
FG	Cr (Cromo)	0.000003	0.00005	0.0000	mg/L
FG	Cu (Cobre)	0.000001	0.00001	0.00192	mg/L
FG	Cu (Cobre)	0.00003	0.001	0.000	mg/L
FG	Fe (Hierro)	0.0002	0.01	0.4728	mg/L
FG	Hg (Mercurio)	0.00002	0.00008	0.0001	mg/L
FG	K (Potasio)	0.001	0.02	9.64	mg/L
FG	Li (Litio)	0.000004	0.00002	0.0002	mg/L
FG	Mg (Magnesio)	0.0004	0.02	13.09	mg/L
FG	Mn (Manganeso)	0.00001	0.00002	0.0001	mg/L
FG	Mo (Molibdeno)	0.000003	0.00001	0.0000	mg/L
FG	Ni (Níquel)	0.001	0.02	87.68	mg/L
FG	Ni (Níquel)	0.00001	0.00001	0.0002	mg/L
FG	P (Fósforo)	0.001	0.02	0.310	mg/L
FG	Pb (Plomo)	0.00001	0.00002	0.0000	mg/L
FG	Pb (Plomo)	0.000003	0.00001	0.000029	mg/L
FG	Se (Selenio)	0.00002	0.00002	0.0000	mg/L
FG	Si (Silicio)	0.000	0.1	42.207	mg/L
FG	Sr (Estroncio)	0.00001	0.00002	0.0000	mg/L
FG	Sr (Estroncio)	0.00001	0.00004	0.0007	mg/L
FG	Tl (Telurio)	0.00004	0.00002	0.0018	mg/L
FG	Ti (Titanio)	0.000001	0.00002	0.00010	mg/L
FG	U (Uranio)	0.000001	0.00002	0.00000	mg/L
FG	V (Vanadio)	0.00001	0.00004	0.0000	mg/L
FG	Zn (Zinc)	0.0002	0.006	0.0102	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS:

Metales Totales por ICP-MS : EPA METHOD 8020 B, Rev. 2, July 2016 (VALIDADO - Modificado) (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2020 Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry

OBSERVACIONES:

LD: Límite de detección del método / LC: Límite de cuantificación del método.

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método / "N.D." No detectado (Por debajo del límite de detección del método)

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FG 21/03/2025 al 25/03/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 01/04/2025



Consulte el QR



Procedi digitalmente por: Rigo Miguel Torres Sotillo
Gerente Técnico - BHIOS LABORATORIOS S.R.L.
info@bhioslabs.com
Av. Quilónes Mac. 8106 #
900200013100

PPP-084-05-0: Versión 01 - Fecha de Emisión: 2024/05/23 - Elaborado por: BT / Revisado por: CRC / Aprobado por: BG - Página 2 de 2
Av. Quilónes B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ... calidad a su servicio

Anexo 07: Evidencias fotográficas



Figura 03: Toma de coordenadas.



Figura 04: Toma de submuestra punto 1



Figura 05: Toma de submuestra punto 2



Figura 06: Recojo de muestras: