

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES TOTALES
PRESENTES EN EL AGUA SUPERFICIAL DEL RÍO TORATA, MOQUEGUA,**

2026

PRESENTADA POR:

YASMINI LEIBI HUALLPA FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2026



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



13.6%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 5 FEB 2026, 9:27 AM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL
1.62%

● CHANGED TEXT
11.98%

Report #31304019

YASMINI LEIBI HUALLPA FLORES DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES TOTALES PRESENTES EN EL AGUA SUPERFICIAL DEL RÍO TORATA, MOQUEGUA, 2026 RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de metales totales y metales pesados en el agua superficial del río Torata, región Moquegua, durante el año

2026, de acuerdo con el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

1 4 El muestreo se

realizó siguiendo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la

Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N.º

010-2016-ANA), y los análisis se efectuaron en el laboratorio BHIOS,

acreditado por INACAL. Se establecieron tres puntos de muestreo georeferenciados.

34 La investigación fue de tipo descriptiva, con diseño no

experimental y enfoque cuantitativo. Se identificaron un total de 35

elementos, entre ellos metales alcalinos, alcalinotérreos, de transición,

metaloides, metales postransición, un lantánido, no metales y un

actínido. En cuanto a los metales pesados, en el Punto de

Muestreo 1 se registraron concentraciones de aluminio (0.2046 mg/L),

arsénico (0.00516 mg/L), manganeso (0.0507 mg/L) y zinc (0.0104

mg/L), mientras que cadmio, mercurio, plomo, níquel, cobre y cromo

presentaron valores bajos. En el Punto de Muestreo 2 y 3 se

observaron concentraciones similares, destacando un mayor valor de

arsénico en el Punto de Muestreo 3 (0.01131 mg/L). 1 Los resultados evidencian

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS
DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES TOTALES
PRESENTES EN EL AGUA SUPERFICIAL DEL RÍO TORATA, MOQUEGUA,
2026
PRESENTADA POR:
YASMINI LEIBI HUALLPA FLORES
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:


Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:


M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

SEGUNDO MIEMBRO

:


Dra. CELIA VERENISSE ORTIZ DE ORUE ROJAS

ASESOR DE TESIS

:


Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología.

Sub Área: Ingeniería Ambiental.

Línea de investigación: Ciencias Ambientales.

Puno, 12 de febrero del 2026.

DEDICATORIA

A mis padres, pilares fundamentales de mi vida. En especial, a mi querido papá, quien, aunque ya no me acompaña físicamente, continúa iluminando mi camino desde el cielo. Su amor, sus enseñanzas y su ejemplo de fortaleza permanecen conmigo en cada paso que doy y han sido una fuente inagotable de inspiración para alcanzar este logro.

A mis hermanas Sonia y Ángela, y a mi hermano Percy, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y por impulsarme siempre a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Gracias por creer en mí y por caminar a mi lado durante este proceso, convirtiendo cada desafío en una oportunidad de crecer.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada San Carlos, por haberme brindado una sólida formación académica y los conocimientos necesarios para mi desarrollo profesional. Mi gratitud se extiende a los docentes de la Escuela Profesional, cuya orientación, dedicación y apoyo fueron fundamentales en mi proceso de aprendizaje y en la culminación de este trabajo de investigación.

De manera especial, expreso mi sincero agradecimiento a mi asesor, Mg. J. Wilfredo Cano Ojeda, por su guía constante, sus valiosas observaciones y el compromiso demostrado en cada etapa de este proyecto, lo cual enriqueció significativamente mi labor investigativa.

Asimismo, agradezco a los miembros del jurado, por el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo y por sus aportes que contribuyen al fortalecimiento de mi formación académica y profesional.

ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|-------------------|------|
| DEDICATORIA | 1 |
| AGRADECIMIENTO | 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, OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

| | |
|--|-----------|
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 13 |
| 1.1.1. PROBLEMA GENERAL | 15 |
| 1.1.2. PROBLEMA ESPECÍFICO | 15 |
| 1.2. ANTECEDENTES | 15 |
| 1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES | 15 |
| 1.2.2. A NIVEL NACIONAL | 17 |
| 1.2.3. A NIVEL LOCAL | 19 |
| 1.4. OBJETIVOS | 21 |
| 1.4.1. OBJETIVOS GENERAL | 21 |
| 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 21 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL | 23 |
| 2.1.1. CONTAMINACIÓN POR METALES | 23 |

| | |
|---|-----------|
| 2.1.2. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES POR METALES PESADOS | 24 |
| 2.1.3. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES | 24 |
| 2.1.4. METALES TÓXICOS | 25 |
| 2.1.5. METALES ESENCIALES | 26 |
| 2.1.6. EFECTOS DAÑINOS POR METALES EN LA BIOTA Y SALUD HUMANA | 27 |
| 2.2. MARCO CONCEPTUAL | 28 |
| 2.3. MARCO NORMATIVO | 30 |
| 2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN | 31 |
| 2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL | 31 |
| 2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA | 31 |
| CAPÍTULO III | |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | |
| 3.1. ZONA DE ESTUDIO | 32 |
| 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA | 33 |
| 3.2.1. POBLACIÓN | 33 |
| 3.2.2. TAMAÑO MUESTRA | 33 |
| 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS | 34 |
| 3.3.1. TIPO DE ESTUDIO | 34 |
| 3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 35 |
| 3.3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 35 |
| 3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO. | 35 |
| 3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES | 36 |
| 3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE | 36 |
| 3.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE | 36 |
| 3.6. DISEÑO ESTADÍSTICO | 37 |

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

| | |
|---|-----------|
| 4.1. IDENTIFICAR Y CUANTIFICAR LOS METALES TOTALES PRESENTES EN EL AGUA SUPERFICIAL DEL RÍO TORATA | 38 |
| 4.2. COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS RÍO TORATA SEGÚN (ECA) PARA AGUA, SUBCATEGORÍA A | 41 |
| 4.3. PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2: COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS DEL RÍO TORATA SEGÚN (ECA) PARA AGUA, CATEGORÍA 3 RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES. | 48 |
| 4.3.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS | 54 |
| CONCLUSIONES | 57 |
| RECOMENDACIONES | 59 |
| BIBLIOGRAFÍA | 60 |
| ANEXOS | 65 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 01: Ubicación de los puntos de muestreo | 34 |
| Tabla 02: Matriz de operacionalización de variables | 37 |
| Tabla 03: Total, de metales hallados | 38 |
| Tabla 04: Punto de muestreo 1 Concentración de metales pesados comparada con los ECA Categoría 1: subcategoría A | 41 |
| Tabla 05: Punto de muestreo 2 Concentración de metales pesados comparada con los ECA Categoría 1: subcategoría A | 43 |
| Tabla 06: Punto de muestreo 3 Concentración de metales pesados comparada con los ECA Categoría 1: subcategoría A | 45 |
| Tabla 07: Punto de muestreo 1 Concentración de metales pesados comparada con los ECA para agua Categoría 3. | 48 |
| Tabla 08: Punto de muestreo 2 Concentración de metales pesados comparada con los ECA para agua, categoría 3 | 50 |
| Tabla 09: Punto de muestreo 3 Concentración de metales pesados comparada con los ECA para agua, categoría 3 | 52 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 01: Ubicación de la zona de estudio | 33 |
| Figura 02: Puntos de muestreo río Torata | 34 |
| Figura 03: Punto de muestreo 1, concentración de metales pesados en el agua superficial del río Torata. | 42 |
| Figura 04: Punto de muestreo 2, concentración de metales pesados en el agua superficial del río Torata. | 44 |
| Figura 05: Punto de muestreo 3, concentración de metales pesados en el agua superficial del río Torata. | 46 |
| Figura 06: Punto de muestreo 1, concentración de metales pesados en el agua superficial del río Torata. | 49 |
| Figura 07: Punto de muestreo 2, concentración de metales pesados en el agua superficial del río Torata. | 51 |
| Figura 08: Concentración metales pesados en aguas superficiales del río Torata punto de muestreo 3 | 53 |
| Figura 09: Recojo de muestra punto de muestreo 1 | 77 |
| Figura 10: Recojo de muestra punto de muestreo 2 | 77 |
| Figura 11: Recojo de muestra punto de muestreo 3 | 78 |
| Figura 12: Conservación y transporte de muestras | 78 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Anexo 01: Matriz de consistencia | 66 |
| Anexo 02: Categoría 1: Poblacional y Recreacional Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable | 67 |
| Anexo 03: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales | 68 |
| Anexo 04: Registro de Campo – Muestreo de Aguas | 69 |
| Anexo 05: Resultados de laboratorio | 70 |
| Anexo 06: Evidencias fotográficas de campo | 76 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de metales totales y metales pesados en el agua superficial del río Torata, región Moquegua, durante el año 2026, de acuerdo con el Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM. El muestreo 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 se efectuaron en el laboratorio BHIOS, acreditado por INACAL. Se establecieron tres puntos de muestreo georeferenciados. La investigación fue de tipo descriptiva, con diseño no experimental y enfoque cuantitativo. Se identificaron un total de 35 elementos, entre ellos metales alcalinos, alcalinotérreos, de transición, metaloides, metales postransición, un lantánido, no metales y un actínido. En cuanto a los metales pesados, en el Punto de Muestreo 1 se registraron concentraciones de aluminio (0.2046 mg/L), arsénico (0.00516 mg/L), manganeso (0.0507 mg/L) y zinc (0.0104 mg/L), mientras que cadmio, mercurio, plomo, níquel, cobre y cromo presentaron valores bajos. En el Punto de Muestreo 2 y 3 se observaron concentraciones similares, destacando un mayor valor de arsénico en el Punto de Muestreo 3 (0.01131 mg/L). Los resultados evidencian que la mayoría de los metales cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 1, excepto el arsénico, que supera los límites para las subcategorías A1 y A2. No obstante, todas las concentraciones cumplen con los ECA para la Categoría 3, permitiendo su uso para riego de vegetales y bebida de animales.

Palabras clave. Aguas superficiales, Contaminación, Metales pesados, Río.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the concentration of total metals and heavy metals in the surface water of the Torata River, Moquegua region, during the year 2026, in accordance with Supreme Decree No. 004-2017-MINAM. The sampling was carried out following the National Protocol for the Monitoring of the Quality of Surface Water Resources (Chief Resolution No. 010-2016-ANA), and the analyses were carried out in the BHIOS laboratory, accredited by INACAL. Three georeferenced sampling points were established. The research was descriptive, with a non-experimental design and a quantitative approach. A total of 35 elements were identified, including alkalis, alkaline earth, transition, metalloids, post-transition metals, a lanthanide, nonmetals, and an actinide. Regarding heavy metals, concentrations of aluminum (0.2046 mg/L), arsenic (0.00516 mg/L), manganese (0.0507 mg/L) and zinc (0.0104 mg/L) were recorded at Sampling Point 1, while cadmium, mercury, lead, nickel, copper and chromium presented low values. Similar concentrations were observed at Sampling Points 2 and 3, with a higher arsenic value at Sampling Point 3 (0.01131 mg/L). The results show that most metals comply with the Environmental Quality Standards (ECA) for water, Category 1, except for arsenic, which exceeds the limits for subcategories A1 and A2. However, all concentrations comply with the ECAs for Category 3, allowing their use for vegetable irrigation and animal drinking.

Keywords. Surface water, Pollution, Heavy metals, River.

INTRODUCCIÓN

El agua superficial es un recurso natural esencial para el desarrollo de las actividades humanas, económicas y ecológicas, especialmente en zonas donde su recurso es limitado. En tal sentido, la calidad del agua de los ríos es de gran importancia, teniendo en cuenta que estos cuerpos hídricos son utilizados para el riego agrícola, la bebida de animales y, en algunos casos, como fuente para el consumo humano previo tratamiento. Sin embargo, las actividades naturales y antrópicas pueden alterar su calidad, destacando la presencia de metales pesados.

Si bien se considera que los metales son perjudiciales para la salud, algunos de ellos cumplen funciones esenciales en el organismo humano y animal, siendo necesarios en pequeñas cantidades. Elementos como el hierro, cobalto, cobre, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio y zinc participan en procesos orgánicos importantes; sin embargo, su deficiencia o exceso puede provocar alteraciones en la salud. Según la tabla periódica, los metales pesados se definen por presentar una alta densidad (mayor a 4 g/cm³), masa y peso atómico superiores a 20, y por ser tóxicos incluso a bajas concentraciones. Entre los principales metales pesados se encuentran el aluminio (Al), bario (Ba), berilio (Be), cobalto (Co), cobre (Cu), estaño (Sn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cromo (Cr), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), selenio (Se), talio (Tl), vanadio (V), oro (Au) y zinc (Zn) (Londoño et al., 2016).

En el Perú, la contaminación por metales en cuerpos de agua superficiales constituye una problemática ambiental relevante, especialmente en regiones andinas con influencia de actividades mineras y características geológicas naturales. Diversos estudios han evidenciado la presencia de metales como arsénico, plomo, cadmio y mercurio en ríos y quebradas, lo que representa un riesgo para los ecosistemas acuáticos y para la salud humana y animal cuando se superan los límites permitidos. (Custodio et al., 2021)

En la región Moquegua, la mayor concentración de población se ubica en las provincias de Mariscal Nieto e Ilo, las cuales dependen del agua proveniente de los ríos Huaracane–Otorá–Sajena, Estuquiña–Torata y Tumilaca–Asana, que forman parte de la

cuenca del río Osmore–Moquegua. Estas fuentes hídricas son utilizadas para consumo humano, bebida de animales y riego agrícola. No obstante, existe preocupación e incertidumbre entre la población, debido a la limitada disponibilidad de información pública sobre resultados de monitoreos específicos y actualizados de la calidad del agua de los ríos que conforman esta cuenca. Asimismo, en las zonas altas de la región Moquegua se desarrollan actividades mineras, las cuales podrían generar vertimientos de efluentes hacia los ríos en estudio. Esta situación representa un riesgo potencial para la salud de la población, los animales y la vegetación, debido a que dichas descargas pueden contaminar los cuerpos de agua con metales, muchos de los cuales resultan tóxicos incluso en bajas concentraciones. (Sánchez, 2019).

En este trabajo se ha empleado la ICP-MS (Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente), la cual es una técnica muy utilizada en el estudio cuantitativo de la mayoría de los metales y no metales de la tabla periódica. Para este caso, concretamente en la determinación de metales totales presentes en el río Torata Moquegua.

- 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, OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial la contaminación del agua es uno de los grandes problemas que enfrenta la humanidad; en América Latina, la contaminación de aguas superficiales (ríos) se ven afectadas por múltiples fuentes de contaminación, entre las que destacan son las descargas industriales, las aguas residuales de origen doméstico y agrícola, así como los vertimientos ilegales de sustancias peligrosas. A ello se suma la contaminación antrópica ejercida por las poblaciones y ciudades asentadas en las riberas de los ríos. Entre los contaminantes más relevantes se encuentran los metales pesados, tales como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo, los cuales poseen la capacidad de acumularse en los cuerpos de agua y permanecer en el ambiente durante períodos prolongados, incrementando los riesgos para los ecosistemas y la salud humana. (Franco et al., 2023)

A nivel nacional los diversos estudios realizados en la última década han evidenciado la presencia de metales pesados en ríos ubicados en zonas altoandinas y costeras, particularmente en regiones con historial de explotación minera como Ancash, Cajamarca, Arequipa y Moquegua. Debido a que los ríos están cerca de las explotaciones mineras, por lo que están expuestas a niveles peligrosos de metales pesados por la actividad extractiva, afectando la vida acuática y la producción agropecuaria de la zona. (Larios, et al., 2016) Por otro lado se reportan concentraciones variables de metales en el agua superficial, algunas de las cuales superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecidos por el Ministerio del Ambiente.

A nivel regional los informes técnicos regionales y estudios académicos recientes indican que los ríos de la región Moquegua presentan alteración en la calidad del agua, debido principalmente a escorrentía minera, erosión de suelos y disposición inadecuada de residuos.

Los informes elaborados por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) durante los años 2016 y 2017 señalaron que la contaminación presente en las cuencas de los ríos Coralaque y Tambo estaría relacionada con las actividades del proyecto minero Florencia Tucari, ubicado en las zonas altas de la región Moquegua. Los resultados de los análisis mostraron concentraciones elevadas de metales pesados como arsénico, cobre, hierro y zinc, los cuales han provocado la acidificación del agua. Esta situación ha generado impactos negativos en la fauna acuática, Asimismo, se identificaron aproximadamente 13 fuentes de contaminación asociadas a dicho proyecto, las cuales han afectado a varios cuerpos de agua, entre ellos los ríos Margaritani, Queullijahuire, Titire y la quebrada Apostolini, los mismos que desembocan finalmente en los ríos Coralaque y Tambo.(Orihuela, 2021) Asimismo, se registraron los resultados de un monitoreo efectuado en septiembre de 2024, durante la época de estiaje, el cual evidenció un alto nivel de contaminación en los ríos Margaritani y Titire. Los análisis indicaron valores de pH marcadamente ácidos y concentraciones elevadas de metales como aluminio, arsénico y hierro, las cuales superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua destinada al riego de vegetales y al consumo de animales. Esta situación representa un riesgo importante tanto para los ecosistemas acuáticos como para las actividades agrícolas y ganaderas desarrolladas en la zona. (CENEPRED, 2025). Torata se encuentra ubicada en la Provincia de Mariscal Nieto, Región de Moquegua, sobre la margen izquierda del río Torata, gran parte de este río es vulnerable a la erosión hídrica debido a su orografía accidentada, por otro lado la escorrentía del río puede verse afectada por la presencia de metales de acuerdo a su cercanía con diferentes fuentes de contaminación como, empresas mineras de explotación a tajo abierto, la agricultura convencional, mala gestión de residuos sólidos.

Cabe mencionar, para el río Torata en particular, la información científica actualizada sobre la concentración de metales totales en el agua superficial es escasa. Esta situación evidencia la necesidad de realizar estudios descriptivos que permitan determinar la concentración de metales totales en el agua superficial del río Torata, a fin de generar una línea base ambiental y evaluar el cumplimiento de los ECA para agua vigentes en el Perú, contribuyendo así a la gestión sostenible del recurso hídrico a nivel local.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son las concentraciones de metales totales en el agua superficial del río Torata, distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, Moquegua, de acuerdo DS 004-2017 MINAM?

1.1.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

- ¿Cuál es la concentración de metales totales presentes en el agua del río Torata?
- ¿La concentración de metales pesados en el agua del río Torata, cumplirá con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) categoría 1 subcategoría A aguas destinadas a la producción de agua potable?
- ¿Las concentraciones de metales pesados en el agua del río Torata, se encontrarán dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Cevallos et al. (2023), en su investigación sobre la calidad del agua y contenido de metales pesados, en aguas del río Teaone, Ecuador, donde analizó parámetros como arsénico, mercurio, cadmio y plomo en 4 puntos de muestreo. Y registro que las máximas concentraciones de As se presentaron en los puntos 1 y 2, con 2,3 mgL⁻¹ y 2,8 mgL⁻¹. Las concentraciones de mercurio y cadmio estuvieron por debajo del límite de los cuatro puntos de muestreo. Las concentraciones de Pb en sus puntos 2 y 3, también estuvieron por debajo del límite de detección, mientras que para los puntos 1 y 4 las

concentraciones fueron de 1,8 mgL-1 y 0,5 mgL-1 correspondientemente. de acuerdo a ello se pudo demostrar, que las concentraciones para cada uno de los metales pesados, se encuentran dentro de los límites permisibles, según Norma Ecuatoriana de Calidad Ambiental.

Brito et al. (2022), evaluó la contaminación por metales pesados del río Cuchipampa, ubicado en la parroquia el Ideal, cantón Gualaquiza, provincia de Morona Santiago - Ecuador, realizó el estudio en cuatro puntos, obteniendo los resultados de análisis de las concentraciones de los metales como arsénico, mercurio y plomo, se encontró contaminación por plomo en el río Cuchipampa en el Punto - 04 durante los meses de noviembre, diciembre y enero, excediendo la concentración de 0,001 mg/l como establece la normativa legal vigente. Se concluye que, si existe contaminación por metales pesados debido a que el plomo presentó valores altos de 0,004 hasta 0,0046 mg/l.

Biolé (2023), en su investigación sobre Evaluación de la calidad del agua superficial y sedimentos de la cuenca media-baja del río Ctalamochita, Córdoba, Argentina, recolectó muestras de agua y sedimentos en cinco puntos del río Ctalamochita durante dos estaciones (húmeda y seca) y se analizaron parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, metales y metaloides. Los resultados indicaron una alteración en la calidad del agua, en relación con los metales y metaloides que presentaron mayor concentración en aguas superficial fueron: Cr, Ni, Fe, Co, Se, Cd, Ag y Hg I y Al, Fe, Mn, Zn, Sr y Ba en sedimentos.

Dunán et al. (2022), en su investigación que tuvo como objetivo evaluar las aguas del Río Yamanigüey Cuba. Este estudio fue realizado por ser este unos de los ríos principales de la región de Moa. Se recolectaron 12 muestras a lo largo de toda la cuenca para evaluar los contenidos de aluminio (Al), cromo (Cr), cromo hexavalente (Cr+6), manganeso (Mn), hierro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), cinc (Zn) y plomo (Pb). Los resultados fueron contrastados con las normas correspondientes de la "Guías para la calidad del agua de consumo humano", con la Norma Cubana (NC 1021, 2014) y la Norma Cubana

(NC 827, 2017) . Como principales resultados se obtuvo que el cromo, el manganeso, el cobre y el zinc, en el 100 % de las muestras estudiadas del Río Yamanigüey, según las normas evaluadas se localizan por debajo de los límites máximos admisibles (LMA).

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Vasquez (2022), evaluó la contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, con el objetivo de determinar la concentración de metales pesados, específicamente arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg) y plomo (Pb). Los resultados evidenciaron concentraciones de arsénico entre 0.0051 y 0.0066 mg/L, cadmio menores a 0.0004 mg/L, cromo menores a 0.02 mg/L, mercurio inferiores a 0.001 mg/L y plomo entre 0.0004 y 0.0048 mg/L. Al comparar estos valores con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 4 – E2: ríos, se concluyó que las concentraciones de cadmio, cromo y mercurio superaron los límites máximos permisibles establecidos por la normativa nacional, mientras que el arsénico y el plomo se mantuvieron dentro de los valores permitidos.

Chambi & Yana (2024), evaluaron la concentración de arsénico y metales totales en aguas superficiales y subterráneas de la región Puno, con el objetivo de determinar la concentración de arsénico (As), metales totales y caracterizar los parámetros fisicoquímicos en aguas superficiales y subterráneas de dicha región, realizaron un total de 24 muestras representativas durante dos temporadas contrastantes (agosto de 2023 y enero de 2024). Los resultados obtenidos fueron comparados con los valores de referencia establecidos por el Ministerio de Salud (MINSA), el Ministerio del Ambiente (MINAM) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los resultados evidenciaron concentraciones elevadas de arsénico en aguas subterráneas, alcanzando valores de 0.379 mg/L durante la temporada de estiaje y 0.2847 mg/L en temporada de avenida, superando ampliamente el valor máximo recomendado de 0.01 mg/L. En contraste, las concentraciones de plomo (Pb) y cadmio (Cd) no excedieron los límites permisibles en ninguna de las temporadas evaluadas. Asimismo, se registraron concentraciones elevadas de sodio (Na) en aguas superficiales, con valores de 282.93 mg/L en estiaje y

301.11 mg/L en avenida, superando la directriz recomendada de 200 mg/L. Los autores concluyen que las aguas superficiales y subterráneas de la región Puno presentan una exposición significativa a arsénico y metales totales.

García (2019), en su investigación Contaminación del agua por metales pesados As, B, Cu, Pb, Cd y CN⁻ en las cuencas de los Ríos Tambo, Quilca, Camaná y Ocoña de la región Arequipa realizó el muestreo de cuatro cuencas en la Región de Arequipa, para determinar cuál de ellas tiene mayor contaminación por metales pesados (arsénico, boro, cobre, plomo, cadmio y cianuro). obteniendo como resultado contenido de arsénico 0,2034 mg/L, boro 7,9000 mg/L. El río Quilca: boro 6,7500 mg/L, plomo 0,1070 mg/L y cadmio 0,0190 mg/L. Río Camaná: plomo 0,0500 mg/L. El río Ocoña: boro 1,0000 mg/L. concluyendo que los reportes no cumplen con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM 07 de junio del 2017-Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Calero (2023), evaluó el contenido de metales pesados en el agua superficial de la desembocadura del río Chancay, Huaral, donde determinó las concentración de aluminio, arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo, los resultados demostraron la presencia de todos los metales evaluados, registrándose concentraciones que variaron entre 0,018 y 0,025 mg/L para aluminio, 0,002 y 0,047 mg/L para arsénico, 0,005 y 0,007 mg/L para cadmio, 0,020 y 0,032 mg/L para cromo, 0,001 y 0,008 mg/L para níquel y entre 0,023 y 0,051 mg/L para plomo. Se concluyó que, con excepción del plomo, las concentraciones de los metales analizados cumplieron con los ECA para aguas destinadas a recreación y con los valores de referencia establecidos por la OMS, evidenciando una afectación puntual de la calidad del agua en las aguas superficiales próximas a la desembocadura del río Chancay.

Quea (2025), en su investigación evaluación de la calidad de agua del río Phusalaya Jahuirá – Centro Poblado de Ichu, realizó la evaluación evaluar los parámetros fisicoquímicos y la concentración de metales pesados, específicamente cadmio (Cd), arsénico (As), mercurio (Hg), plomo (Pb), cobalto (Co) y cromo (Cr), considerando los criterios establecidos para la Categoría 3, subcategoría D1 (riego de vegetales), de

acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua contemplados en el Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM. estableciéndose tres puntos de muestreo georeferenciados a lo largo de un tramo de 2.11 km del río Phusalaya Jahuirá. Los resultados evidenciaron que los parámetros fisicoquímicos se encontraron dentro de los rangos permitidos por la normativa ambiental vigente, con valores de turbidez entre 0.37 y 4.95 NTU, pH entre 7.01 y 7.35, oxígeno disuelto entre 5.95 y 7.17 mg/L y conductividad eléctrica entre 313.00 y 321.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En cuanto a los metales pesados, las concentraciones de cadmio, arsénico, mercurio, plomo, cobre y cromo se encontraron por debajo de los límites máximos establecidos en los ECA para agua, no representando un riesgo para el uso agrícola del recurso hídrico. En conclusión, el estudio determinó que las aguas del río Phusalaya Jahuirá presentan una buena calidad ambiental y son aptas para el riego de vegetales, evidenciando la ausencia de contaminación significativa por metales pesados en el área de estudio.

1.2.3. A NIVEL LOCAL

Nina (2025), evaluó la concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya, ubicado en el distrito de Cuchumbaya, región Moquegua, con la finalidad de determinar su cumplimiento con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua establecidos en el Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM. Se determinaron las concentraciones de cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), manganeso (Mn), zinc (Zn), níquel (Ni), cromo total (Cr) y arsénico (As), obteniéndose valores de 0.00003 mg/L para Cd, 0.0001 mg/L para Hg, 0.0002 mg/L para Pb, 0.1681 mg/L para Mn, 0.0180 mg/L para Zn, 0.0022 mg/L para Ni, 0.0003 mg/L para Cr total y 0.06648 mg/L para As. Al comparar los resultados con los ECA para agua, se evidenció que todas las concentraciones cumplen con los valores establecidos para la Categoría 1, excepto el arsénico, el cual supera los límites permitidos para las subcategorías A1 y A2. No obstante, las concentraciones determinadas sí cumplen con los estándares correspondientes a la Categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales).

Luna (2019), realizó un estudio titulado Determinación del índice de calidad de agua del río Asana de la cuenca Asana–Osmore–Ilo, en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua, La investigación se centró en la cuantificación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos relevantes para la evaluación integral del recurso hídrico. El estudio consideró tres estaciones de monitoreo ubicadas a lo largo del río Asana, donde se recolectaron muestras durante los meses de abril, mayo, junio y julio del año 2018. (pH), conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, cloruros, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobre, hierro, manganeso, mercurio, plomo, zinc y coliformes termotolerantes. Los resultados obtenidos evidenciaron que la mayoría de los parámetros evaluados no superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. No obstante, se registraron concentraciones elevadas de zinc durante el mes de mayo en las estaciones RAsan-1 y RAsan-3, con valores de 2.5 mg/L y 4.26 mg/L respectivamente, superando el límite establecido para la Categoría 3, subcategoría D1 (riego de vegetales), fijado en 2.0 mg/L.

Maquera (2022), en su investigación titulada Análisis de los niveles de concentración de metales pesados en época de avenida y estiaje de la cuenca del río Osmore, región Moquegua, con el objetivo de analizar las concentraciones de plomo (Pb), arsénico (As), aluminio (Al), cobre (Cu), cadmio (Cd), hierro (Fe), níquel (Ni), boro (B) y manganeso (Mn) en aguas superficiales, el estudio se ejecutó entre agosto de 2020 y marzo de 2021, considerando nueve estaciones en la cuenca del río Osmore. Los resultados evidenciaron que, durante la época de estiaje, las concentraciones de aluminio, hierro, boro y manganeso superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua establecidos en el año 2017. En particular, se registraron valores elevados de aluminio (hasta 8.513 mg/L), hierro (7.138 mg/L), boro (valores superiores a 2.28 mg/L) y manganeso (hasta 0.8063 mg/L). En la época de avenida, el boro y el manganeso también superaron los límites establecidos, aunque en menor magnitud. Asimismo, los valores de pH registrados durante ambas épocas excedieron los rangos permitidos por la normativa ambiental vigente.

Sanchez (2019), en su investigación Niveles de metales pesados (Pb, Al y Sr) en época de avenida y estiaje en el río Osmore, región Moquegua, con el propósito de evaluar la presencia y variación estacional de metales pesados en la cuenca Moquegua–Ilo–Osmore, considerando la influencia de la actividad minera, particularmente la extracción de cobre y molibdeno, sobre la calidad del recurso hídrico. El área de estudio comprendió seis estaciones de monitoreo ubicadas en los principales afluentes de la cuenca: Huaracane–Otorá, Torata, Asana–Tumilaca, Moquegua, Osmore Alto y Osmore Bajo. Los resultados indicaron que los parámetros fisicoquímicos evaluados, como pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), tanto en época de estiaje como de avenida, reflejando condiciones adecuadas para actividades agrícolas y ganaderas. Durante el estiaje, se registraron concentraciones bajas de aluminio (entre 3.73 mg/L y 0.0565 mg/L), plomo (entre 0.00172 mg/L y valores inferiores a 0.00025 mg/L) y estroncio (entre 1.06 mg/L y 0.215 mg/L). No obstante, en la época de avenida, el aluminio alcanzó concentraciones de hasta 28.2 mg/L, superando ampliamente el ECA para agua 2017, lo que representa un riesgo significativo para la flora y fauna de la cuenca.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVOS GENERAL

Evaluar la concentración de metales totales en el agua superficial del río Torata, distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua, 2026, de acuerdo con DS 004-2017 MINAM

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar y cuantificar los metales totales presentes en el agua superficial del río Torata mediante análisis de laboratorio en cada punto de muestreo representativos
- Comparar las concentraciones de metales pesados presentes en el agua superficial del río Torata con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, subcategoría A aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

- Comparar las concentraciones de metales pesados presentes en el agua superficial del río Torata con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3 destinado a 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

De manera natural el origen de metales pesados se encuentra en la corteza terrestre, que por desgaste, fragmentación y alteración de rocas establece la composición de minerales que influyen en los suelos, en algunos casos ocurren anomalías naturales, donde, se presentan altas concentraciones de algunos metales pesados y sus compuestos, que pueden llegar a contaminar los suelos, esto sucede generalmente en lugares de depósitos minerales o en zonas con presencia de actividad volcánica. Loyde et al., (2022)

La contaminación en el ámbito ambiental es uno de los más grandes problemas globales en el siglo XXI, afecta de manera negativa la calidad del suelo para uso agrícola, calidad del aire y los recursos hídricos; en el caso de la contaminación del agua por metales pesados es ocasionada de manera natural y antrópica, afectando de manera significativa a la seguridad alimentaria y la salud humana, Los metales por su alta toxicidad, causa impactos negativos en la salud dependiendo del tipo de metal o metaloide y por su exposición prolongada o por bio-acumulación.(Reyes et al., 2016); estos agentes generalmente son ocasionados por industrias mineras, fundición de metales, producción de combustibles como el petróleo, industria de la agroquímica, e industria de curtido del cuero. Todas estas actividades antropogénicas contienen metales pesados con efectos perjudiciales para la vida. (López et al., 2024)

2.1.2. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES POR METALES PESADOS

Según la tabla periódica de los elementos, los metales pesados se consideran de alta densidad (mayor a 4 g/cm^3), masa y peso atómico por encima de 20 y son tóxicos en concentraciones bajas. Algunos de estos elementos son el aluminio, berilio, cobre, hierro, manganeso, cadmio, mercurio, plomo, etc. en los últimos años representa un problema ambiental en las fuentes hídricas debido a su toxicidad afectando el agua de los ríos, siendo un serio problema para las poblaciones que se proporcionan de dichos ríos, la concentración de estos metales se debe también a fuentes antropogénicas debidas a diferentes actividades humanas, elevando los efectos latentemente perjudiciales sobre los sistemas ecológicos y el ambiente Pabón et al. (2020)

Según (USEPA) la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos Indican que los metales tóxicos de mayor importancia son: arsénico, zinc, cadmio, mercurio, titanio, selenio, cromo, cobalto, níquel, cobre, y plomo. Por otro lado (ATSDR) La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades considera entre las sustancias más peligrosas al mercurio, arsénico, plomo y cadmio. Copacoila, (2017)

El agua posee una alta capacidad para disolver diversas sustancias químicas, lo que facilita su contaminación por actividades humanas. Además, los sedimentos actúan como registros naturales que acopian información sobre las acciones antrópicas en el ambiente, ya que, después de su degradación, permiten analizar y reconstruir los procesos de distribución, acumulación y origen de los contaminantes provenientes de distintas fuentes de impacto. Salas et al., (2020)

2.1.3. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES

Se entiende como contaminación hídrica la alteración de la calidad del agua cambiando su composición química y que no es apta para el uso determinado que fuera destinado, teniendo en cuenta dos fuentes contaminantes, **fuentes puntuales**: descargas de contaminantes **Fuentes Difusas**: son aquellas a las que no se logra localizar fácilmente, **Principales Contaminantes**: sustancias químicas inorgánicas orgánicas como los metales, ácidos, sustancias como el petróleo, el plástico, los plaguicidas,

agentes patógenos y desechos industriales, Guadarrama et al., (2016) La contaminación de los ríos tiene su origen en factores naturales y también en actividades humanas, de forma naturales destaca la erosión, la cual se desintegra y transporta partículas hacia los cuerpos de agua, que poseen una capacidad limitada de autodepuración, no obstante, las actividades antrópicas, como la industria, la minería, los vertidos urbanos, la agricultura y la ganadería, incrementan significativamente la carga contaminante, afectando la calidad de los recursos hídricos. Nina, (2025)

La minería trae consigo impactos ambientales como **Deforestación:** proyectos mineros tienen una gran expansión afectando a la biodiversidad y favoreciendo al cambio climático, **Contaminación al agua:** se presenta en lugares cercanos a las actividades mineras, donde los análisis revelan la presencia de los metales pesados además de productos tóxicos, generando alteración en los ecosistemas acuáticos y la salud, **Erosión y degradación:** La explotación minera contribuye a la remoción de la vegetación alterando el terreno y acelerando la erosión junto a ello afectando negativamente suelos agrícolas cercanas. Torres, (2025)

2.1.4. METALES TÓXICOS

El **arsénico** es un metaloide abundante en la corteza terrestre y se encuentra asociado a numerosos minerales, principalmente en aquellos que contienen sulfuros junto con metales como cobre, plomo y níquel, lo que facilita su movilidad en el ambiente. La contaminación por arsénico es un problema ambiental global debido a procesos naturales como la meteorización de rocas y las erupciones volcánicas y antropogénicas como la industrialización. La presencia de este metal en el agua se debe por factores geológicos donde existe interacción de fases sólidas y líquidas facilitando su transporte a sistema acuáticos Espiritu et al., (2022) **El cadmio** es un metal de transición reconocido por su alta toxicidad, ya que puede producir efectos perjudiciales, incluso a concentraciones muy bajas, generando impactos perjudiciales, en prácticamente todos los organismos vivos a corto y a largo plazo. Una característica clave del cadmio es que no se degrada en el medio ambiente de forma natural. Una vez que se libera al ecosistema, permanece en

circulación indefinidamente, acumulándose en suelos, sedimentos, agua y organismos, de tal manera que se convierte en uno de los metales con mayor relevancia. Hernández et al., (2019)

El **plomo** es un metal pesado caracterizado por ser blando, de color gris azulado. Se muestra de forma natural en estado sólido y destaca por su alta estabilidad química, lo que lo hace muy resistente a la corrosión, este metal se encuentra de manera natural en la corteza terrestre, aunque en concentraciones bajas. Sin embargo, su distribución en el ambiente ha aumentado significativamente debido a fuentes contaminantes tanto antropogénicas como naturales, Entre los orígenes antropogénicas están las emisiones de industrias y fuentes móviles, por otro lado, el plomo no es biodegradable, por lo que una vez liberado al medio ambiente permanece en él de forma persistente, circulando entre suelo, agua, aire y organismos vivos. Rey et al., (2016)

El **mercurio** es un contaminante tóxico, se encuentra en el ambiente de manera inorgánica: elemental o iónicas y orgánicas: metilmercurio (di metilmercurio y metilmercurio). se une firmemente al suelo, lo que reduce su disponibilidad para las plantas y organismos. Tiene la capacidad de acumularse en membranas biológicas lo que la hace peligrosa por su alta biomagnificación Una vez en el medio ambiente , el mercurio se oxida a mercurio iónico, el cual se deposita eficientemente en el suelo y agua, este metal puede ser encontrado por orígenes naturales y antropogénicas. Su exposición natural en suelos puede proceder de la meteorización de rocas, de eventos volcánicos y actividad geotérmicas, con relación en el tema antropogénico, las acciones mineras son una de las principales vías de ingreso directo de Hg dentro del ambiente, particularmente las de explotación de oro, plata y mercurio. (Paisio et al., 2012)

2.1.5. METALES ESENCIALES

Los metales como el Cobre, Hierro, Magnesio, Manganeso, Selenio Zinc son importantes para el cuerpo humano en cantidades pequeñas esto con el objetivo de realizar diversas funciones fisiológicas. Los metales esenciales actúan en numerosos procesos bioquímicos, como la función enzimática, la regulación hormonal, el transporte de

oxígeno, el metabolismo energético, la defensa antioxidante y el mantenimiento de la estructura e integridad de células y tejidos. Entre ellos se encuentran las vitaminas, los metales y los minerales, cada uno con funciones específicas para mantener la salud. Anderson y Zagorski, (2024).

Las plantas necesitan sustancias indispensables para su crecimiento, las cuales se conocen como nutrientes esenciales. Estos nutrientes pueden ser de origen orgánico o inorgánico y cumplen funciones importantes en los procesos biológicos y bioquímicos de las células vegetales. Además del agua y la luz, las plantas requieren aproximadamente 20 elementos químicos para llevar a cabo adecuadamente sus funciones vitales, por lo que la ausencia o deficiencia de alguno de ellos puede afectar su crecimiento y funcionamiento normal. En cuanto a lo nutrientes se definen como **Macronutrientes:** Hidrógeno, Carbono, Nitrógeno, Oxígeno, Magnesio, Fósforo, Azufre, Potasio, Calcio **Micronutrientes:** Boro, Sodio, Cloro, Manganeso, Hierro, Cobalto, Níquel, Cobre, Zinc, Molibdeno. Muchos de los micronutrientes son metálicos que forman parte de sistemas enzimáticos. Baran, (2021)

2.1.6. EFECTOS DAÑINOS POR METALES EN LA BIOTA Y SALUD HUMANA

Aunque algunos metales como el zinc (Zn), manganeso (Mn), cobalto (Co) y selenio (Se) son esenciales para los organismos, otros como el plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y arsénico (As) actúan como tóxicos crónicos de efecto progresivo y silencioso.

La contaminación por metales es la exposición que puede ser a través del aire, el agua, el polvo y alimentos contaminados, que al ser ingeridos o inhalados, estos contaminantes se impregnan principalmente en el intestino, pasan al torrente sanguíneo y se distribuyen a diversos órganos, donde ejercen su acción tóxica mediante el desplazamiento (por similitud química) de metales esenciales como fósforo, calcio, zinc o magnesio en proteínas y enzimas, inactivan proteínas esenciales e interfieren con enzimas metabólicas y antioxidantes. Además, dañan unidades celulares, especialmente en las neuronas. El cerebro es uno de los principales órganos afectados por la toxicidad de los metales, tanto en niños como en adultos, la exposición a estos elementos puede disminuir la capacidad

de memoria y aprendizaje, así como provocar daños en los nervios periféricos, lo que impacta negativamente en la calidad de vida de las personas. (Ramos & León, 2025). Representan un riesgo significativo para la flora y la fauna. Estos compuestos pueden reducir la fertilidad del suelo, siendo absorbidos por las plantas y afectando su crecimiento a medida que aumentan sus concentraciones. En algunos animales expuestos al ambiente contaminado, se han identificado alteraciones metabólicas, inmunológicas, físicas y reproductivas. (Ramos & León, 2025)

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Río. Un río es un cuerpo de agua superficial natural que fluye de manera continua o intermitente a lo largo de un cauce definido, desde una zona de mayor altitud hacia otra de menor altitud, hasta desembocar en otro río, un lago o el mar. Los ríos forman parte fundamental del ciclo hidrológico y cumplen un rol clave en el transporte de agua, sedimentos y nutrientes, además de sostener ecosistemas acuáticos y actividades humanas como el abastecimiento de agua, la agricultura y la generación de energía Miller y Spoolman, (2019)

Agua. El agua tiene 1,365 millones de kilómetros cúbicos, de los cuales el 97.5% es agua salada; quiere decir, sólo 2.5% es agua dulce. de ese porcentaje, sólo el 0.007% está disponible para consumo humano, teniendo en cuenta que el 68.9% del agua dulce está congelada en los polos o en los glaciares, el 30.8% está bajo la superficie en acuíferos y el 0.3% en los ríos y los lagos Quintanilla (2023).

Es indispensable para el funcionamiento de los ecosistemas y el desarrollo de las actividades humanas, sus propiedades físicas y químicas determinan su papel fundamental en los procesos naturales y en los diferentes usos que realiza la sociedad. Cirelli, (2012)

Agua Superficial. El agua superficial se define como aquella que se encuentra circulando o en estado de reposo sobre la superficie terrestre, formando cuerpos de agua tales como ríos, lagos, lagunas, humedales y otros sistemas hídricos, tanto naturales como artificiales. Este tipo de agua proviene principalmente de las precipitaciones que no

se infiltran en el suelo ni retornan a la atmósfera por evaporación, así como del aporte de manantiales o nacimientos asociados a aguas subterráneas. Asimismo, las aguas superficiales pueden presentarse en forma de corrientes permanentes, como los ríos, o en cuerpos de agua estáticos, como lagos y lagunas Contreras, (2017). El agua superficial constituye uno de los recursos naturales más importantes para el desarrollo de las actividades humanas, económicas y ecosistémicas. Los ríos cumplen funciones esenciales como el abastecimiento de agua para consumo humano, riego agrícola, bebida de animales y conservación de los ecosistemas acuáticos.(UNESCO, 2021)

Contaminación. Se define como la presencia de agentes físicos, químicos o biológicos, de manera individual o mixta, en determinadas concentraciones que resultan perjudiciales para la salud, la seguridad, bienestar de la población, y para los seres vivos en general. Entre las principales manifestaciones de este problema se encuentran la contaminación del aire y del agua, el ruido, las emisiones de sustancias químicas. Anzules y Castro, (2022)

Contaminación del agua. La contaminación del agua constituye uno de los principales problemas ambientales a nivel mundial, debido a los efectos negativos que genera sobre la salud humana, los ecosistemas acuáticos y los diferentes usos del recurso hídrico. La Organización Mundial de la Salud señala que el agua se considera contaminada cuando su composición o estado natural es alterado de tal manera que pierde las condiciones adecuadas para los usos a los que estaba destinada. Estas alteraciones pueden ser de tipo físico, químico o biológico, impidiendo que el agua cumpla sus funciones ecológicas y sociales OMS, (2017) **ECA.** Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) forman un instrumento fundamental de la gestión ambiental, su propósito es evaluar el estado de la calidad del ambiente dentro del territorio nacional. Estos estándares establecen los niveles máximos permisibles de concentración de sustancias o componentes presentes en el ambiente, los cuales no deben representar riesgos significativos para la salud humana ni para los ecosistemas. En Perú, se han establecido cinco tipos de Estándares de Calidad Ambiental aplicables a los componentes de agua, aire, suelo, ruido y

radiaciones no ionizantes, los cuales sirven como referencia técnica para la evaluación, control y protección ambiental MINAM, (2017)

Clasificación de los ECA para Agua en el Perú. Según el Ministerio del Ambiente 2017, los ECA para agua se agrupan en las siguientes categorías:

Categoría 1: Poblacional y recreacional

- A1: Agua para consumo humano (desinfección)
- A2: Agua para consumo humano (tratamiento convencional)
- A3: Agua para consumo humano (tratamiento avanzado)

Categoría 2: Recreación

- Contacto primario y secundario

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

- D1: Riego de vegetales
- D2: Bebida de animales

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

- E1: Ríos y lagos
- E2: Estuarios y mar

Esta clasificación permite evaluar de manera especial la calidad del agua superficial, considerando su uso actual o potencial, y facilita la toma de decisiones para la gestión ambiental de cuencas hidrográficas.

2.3. MARCO NORMATIVO

- Artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua de acuerdo a las categorías y subcategorías.
- 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 DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

La concentración de metales totales en el agua superficial del río Torata, distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua, 2026, cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Los metales totales identificados y cuantificados en los puntos de muestreo del río Torata se presentan en concentraciones que permiten evaluar la calidad del agua para los usos establecidos

¿Las concentraciones de metales pesados presentes en el agua superficial del río Torata cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, subcategoría A destinada a la producción de agua potable, previo tratamiento?

¿Las concentraciones de metales pesados presentes en el agua superficial del río Torata cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3, destinada al riego de vegetales y bebida de animales?

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló en el río Torata, ubicado en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua, al sur del Perú. Este río forma parte de la cuenca hidrográfica Osmore - Moquegua, la cual es de gran importancia para las actividades agrícolas, ganaderas y para el abastecimiento de agua de las poblaciones locales.

El río Torata nace en la zona de Titijones (4,500 msnm), desciende por quebradas como Cuajone e Ichupampa, formando un valle fértil y cañón de 6.5 km de longitud entre 1,932 y 1,517 msnm, desde Caracanco hasta Los Ángeles. A lo largo de su recorrido, el río recibe aportes de escorrentía superficial, manantiales y afluentes menores, lo que influye en la variabilidad de su caudal.

La zona de estudio se caracteriza por presentar un clima semiárido, con precipitaciones concentradas principalmente en los meses de verano (enero a marzo), y periodos prolongados de estiaje durante el resto del año. Estas condiciones climáticas, sumadas a las características geológicas y a las actividades antrópicas como la agricultura, ganadería y la cercanía a zonas de influencia minera.

Latitud: 17°04'30" S – 17°10'00" S

Longitud: 70°47'00" O – 70°52'30" O

Altitud: entre 2 200 y 3 500 m s. n. m.

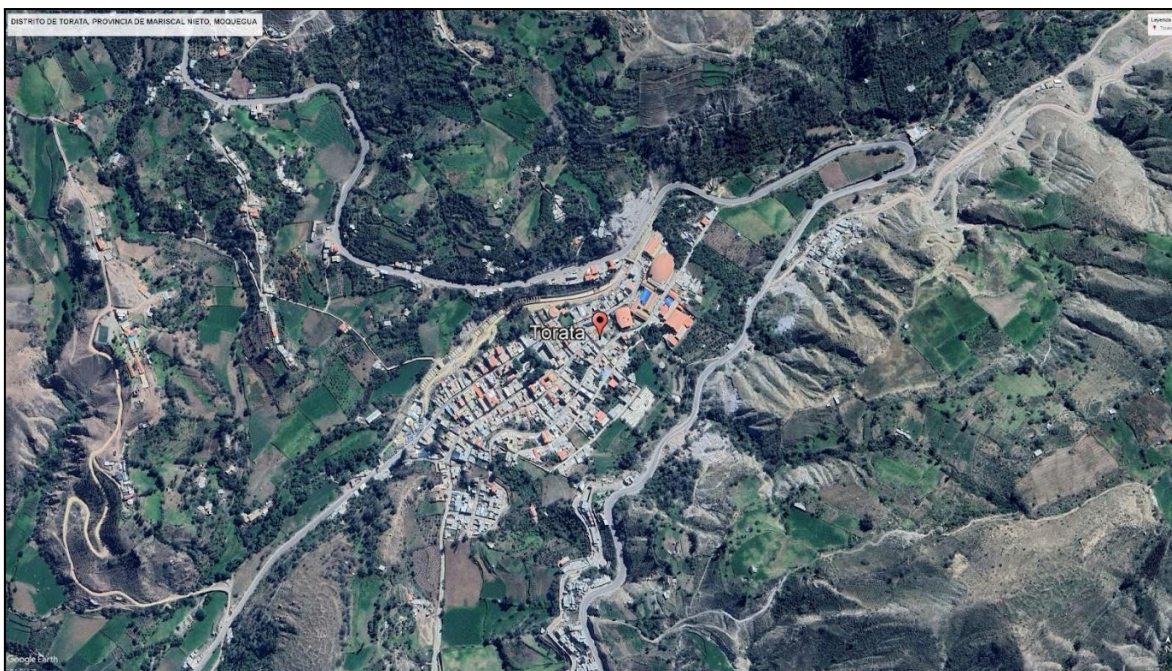


Figura 01: Ubicación de la zona de estudio

Fuente Google earth

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio estuvo constituida por el agua superficial del río Torata, ubicado en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua. Este cuerpo de agua forma parte de la cuenca hidrográfica Osmore–Moquegua.

3.2.2. TAMAÑO MUESTRA

Está conformada por 3 puntos de muestreo de agua superficial recolectada en puntos estratégicos del río Torata, seleccionados a lo largo de su recorrido dentro del área de estudio. Para la selección de los puntos de muestreo se empleó un muestreo no probabilístico de tipo intencional, considerando criterios de accesibilidad, representatividad hidrológica y la posible influencia de actividades naturales y antrópicas. En cada punto de muestreo se recolectaron muestras de agua superficial conforme al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, establecido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Las muestras

obtenidas fueron preservadas y trasladadas a un laboratorio acreditado para el análisis de la concentración de metales totales.

Tabla 01: Ubicación de los puntos de muestreo

| COORDENADAS UTM | | | |
|-------------------|---------|--------|-----------|
| Punto de Muestreo | N | E | Precisión |
| PM-1 | 8112526 | 307401 | 11.31 m |
| PM-2 | 8112605 | 306082 | 6.277 m |
| PM-3 | 8111466 | 304292 | 4.832 m |

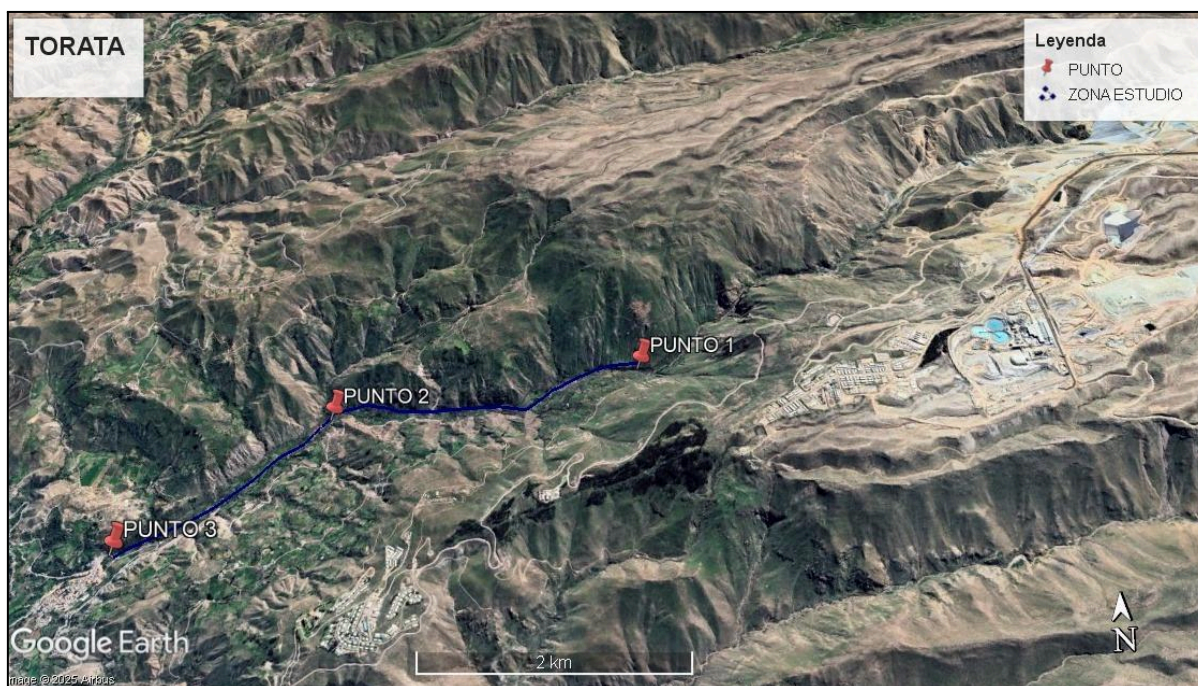


Figura 02: Puntos de muestreo río Torata

Fuente Google Earth

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TIPO DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación corresponde a un estudio de nivel descriptivo, debido a que se orienta a describir y cuantificar la concentración de metales totales presentes en

las muestras de agua superficial recolectadas del río Torata. La investigación se limita a la observación, medición y análisis de los resultados obtenidos.

3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio presenta un diseño no experimental, debido a que no se realizó la manipulación intencional de las variables de estudio, Asimismo, la investigación corresponde a un diseño transeccional o transversal, ya que la recolección de las muestras de agua superficial y la obtención de los datos se realizaron en un solo momento o periodo determinado durante el año 2026.

3.3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnica: Registro.

Instrumento: Registro de campo (Anexo 4)

3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO.

a) para el objetivo específico 1 La técnica empleada fue el muestreo de agua superficial, el cual consistió en la recolección de muestras de agua en los puntos de muestreo previamente establecidos a lo largo del río Torata. El muestreo se realizó conforme a los lineamientos establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, asegurando la representatividad de las muestras y la confiabilidad de los resultados.

Instrumentos

Para la recolección de datos se utilizaron los siguientes instrumentos

- Se realizó de acuerdo Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, como instrumento técnico
- Se alistó envases debidamente limpios y con preservantes para el recojo de la muestra
- Se ubicó cada punto de recolección de muestra in situ mediante Sistema de Posicionamiento Global (GPS), para obtener las coordenadas de cada punto de muestreo

- Antes de la toma de muestras de agua superficial, se utilizó el equipo de protección personal (EPP) correspondiente (botas, guantes desechables, mascarilla)
- El ingreso al río se realizó lo más cercano posible al punto medio del cauce, considerando las condiciones del caudal, con el fin de obtener una muestra representativa del agua superficial
- El frasco de muestreo se sostuvo por debajo del cuello y se sumergió orientando la boquilla en el sentido de la corriente del río, llenándolo lentamente para evitar la formación de burbujas. Posteriormente, el frasco fue cerrado herméticamente, etiquetado con la información correspondiente y colocado en un cooler con hielo para mantener la temperatura constante de $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la adecuada preservación de la muestra.
- Se realizó el respectivo llenado de la cadena de custodia
- Al contar con todas las muestras se enviaron al laboratorio “Bhios Laboratorios” certificados por INACAL

b) Para el objetivo específico 2 La técnica utilizada fue el análisis comparativo, el cual consistió en contrastar los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de las muestras de agua superficial del río Torata con los valores máximos permitidos establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, subcategoría A, según el Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM.

c) Para el objetivo específico 3 La técnica utilizada fue el análisis comparativo, el cual consistió en contrastar los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de las muestras de agua superficial del río Torata con los valores máximos permitidos establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3, según el Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM.

3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Metales totales

3.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Agua superficial del río Torata

Tabla 02: Matriz de operacionalización de variables

| VARIABLE | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA |
|----------------------|-----------------|------------------------|--------|
| Variable | | Al, Sb, As, Ba, Be, B, | Alto |
| Independiente | Nivel | de Cd, Cu, Cr, Fe, Mg, | Medio |
| Metales totales | concentración | Hg, Mo, Ni, Pb, Se, U, | Bajo |
| | | Zinc | |
| Variable | - Consumo | ECA DS 004-2017 | Cumple |
| dependiente | humano | MINAM | No |
| Agua superficial de | - Riego vegetal | | cumple |
| río Torata | - Bebida | | |
| | animales | | |

3.6. DISEÑO ESTADÍSTICO

En la presente investigación se aplicará un diseño estadístico descriptivo, orientado al procesamiento y análisis de los datos obtenidos de los análisis de laboratorio. La información será organizada y sistematizada mediante estadística descriptiva, utilizando tablas de frecuencia y el cálculo de la media aritmética simple, lo que permitirá describir el comportamiento de las concentraciones de metales totales en los diferentes puntos de muestreo. Los resultados obtenidos serán comparados con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, con la finalidad de evaluar el cumplimiento o incumplimiento de la normativa ambiental vigente.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. IDENTIFICAR Y CUANTIFICAR LOS METALES TOTALES PRESENTES EN EL AGUA SUPERFICIAL DEL RÍO TORATA

Se recolectó aproximadamente 100 ml muestra por cada punto (3 puntos de muestreo) de agua superficial, las muestras fueron enviadas y analizadas en laboratorio BIHOS Laboratorios, acreditado por el organismo de acreditación INACAL el método usado por el laboratorio fue Metales Totales por ICP-MS con el fin de identificar y cuantificar la concentración de metales totales presentes en el agua.

Tabla 03: Total, de metales hallados

| CLASIFICACIÓN | METALES | TOTAL |
|-----------------------|----------------|-------|
| METALES DE TRANSICIÓN | Ag (Plata) | 13 |
| | Cd (Cadmio) | |
| | Co (Cobalto) | |
| | Cr (Cromo) | |
| | Cu (Cobre) | |
| | Fe (Hierro) | |
| | Hg (Mercurio) | |
| | Mn (Manganeso) | |
| | Mo (Molibdeno) | |
| | Ni (Níquel) | |
| Ti (Titanio) | | |

| CLASIFICACIÓN | METALES | TOTAL |
|-------------------|----------------|-------|
| | V (Vanadio) | |
| | Zn (Zinc) | |
| | Al (Aluminio) | |
| METALES | Bi (Bismuto) | |
| POS-TRANSICIÓN | Pb (Plomo) | |
| | Sn (Estaño) | |
| | Tl (Talio) | 5 |
| | As (Arsénico) | |
| METALOIDES | B (Boro) | |
| | Sb (Antimonio) | |
| | Si (Silicio) | 4 |
| | Ba (Bario) | |
| METALES | Be (Berilio) | |
| ALCALINOTÉRREOS | Ca (Calcio) | 4 |
| | Mg (Magnesio) | |
| | Cs (Cesio) | |
| METALES ALCALINOS | K (Potasio) | 4 |
| | Li (Litio) | |
| | Na (Sodio) | |
| LANTÁNIDO | Ce (Cerio) | 1 |
| NO METAL | P (Fósforo) | 2 |
| | Se (Selenio) | |
| ACTÍNIDOS | U (Uranio) | 1 |

Cómo se observa en la **tabla 3**, Los resultados analíticos obtenidos muestran que en los 3 puntos de muestreo se detectó la presencia de metales. Se cuantificaron e identificaron de la siguiente manera, **5 metales alcalinotérreos**, Ba (Bario), Be (Berilio), Ca (Calcio),

Mg (Magnesio), Sr (Estroncio) **13 metales de transición**, Ag (Plata), Cd (Cadmio), Co (Cobalto), Cr (Cromo), Cu (Cobre), Fe (Hierro), Hg (Mercurio), Mn (Manganeso), Mo (Molibdeno), Ni (Niquel), Ti (Titanio), V (Vanadio), Zn (Zinc) **4 metaloides** As (Arsénico), B (Boro) Sb (Antimonio), Si (Silicio) **4 metales alcalinos**, Cs (Cesio), K (Potasio), Li (Litio), Na (Sodio) **5 metales post-transición**, Al (Aluminio), Bi (Bismuto), Pb (Plomo), Sn (Estaño), Tl (Talio) **1 lantánido**, Ce (Cerio) **2 no metales** P (Fosforo), Se (Selenio) **1 actínidos** U (Uranio). En los puntos de muestreo 1 y 2 se encontraron un total de 31 metales en general a excepción del punto de muestreo 3 donde se encontraron 30 metales, donde a diferencia de los 2 puntos de muestreo se vio la ausencia del metal de transición Ag(plata). los resultados conseguidos en esta investigación, en cuestión de metales presentes en el agua superficial de río Torata son similares a los encontrados por (Biolé, 2023) en su investigación sobre Evaluación de la calidad del agua superficial y sedimentos de la cuenca media-baja del río Ctalamochita, Córdoba, Argentina, donde encontró metales y metaloides presentes en aguas superficial los cuales fueron: Cr (cromo), Ni (Niquel), Fe (Hierro), Co(cobalto), Se (selenio) Cd (cadmio) Ag (plata). En consiguiente Dunán et al., (2022) en su investigación evaluar las aguas del Río Yamanigüey Cuba. Donde se encontraron resultados como, Cr (cromo), el (Mn) manganeso, el (Cu) cobre y el (Zn) zinc.

Los resultados obtenidos indican que el agua superficial del río Torata presenta diferentes tipos de metales y no metales, compuesta especialmente por elementos de origen natural, asociados a la geología de la cuenca. La identificación y cuantificación de estos metales forma una base para la posterior evaluación de la calidad del agua y su comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.

4.2. COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS RÍO TORATA SEGÚN (ECA) PARA AGUA, SUBCATEGORÍA A

Tabla 04: Punto de muestreo 1 Concentración de metales pesados comparada con los ECA Categoría 1: subcategoría A

| PUNTO DE MUESTREO 1 | | | | |
|----------------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|
| Parámetro | Resultado | ECA A1 | ECA A2 | ECA A3 |
| | (mg/L) | | | |
| <i>Aluminio</i> | 0.2046 | 0,9 | 5 | 5 |
| <i>Arsénico (As)</i> | 0.00516 | 0,01 | 0,01 | 0,15 |
| <i>Cadmio (Cd)</i> | 0.00001 | 0,003 | 0,005 | 0,01 |
| <i>Cobre (Cu)</i> | 0.003 | 2 | 2 | 2 |
| <i>Cromo (Cr)</i> | 0.0002 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| <i>Manganeso (Mn)</i> | 0.0507 | 0,4 | 0,4 | 0,5 |
| <i>Mercurio (Hg)</i> | 0.0002 | 0,001 | 0,002 | 0,002 |
| <i>Níquel (Ni)</i> | 0.0003 | 0,07 | * | * |
| <i>Plomo (Pb)</i> | 0.0003 | 0,01 | 0,05 | 0,05 |
| <i>Zinc (Zn)</i> | 0.0104 | 3 | 5 | 5 |

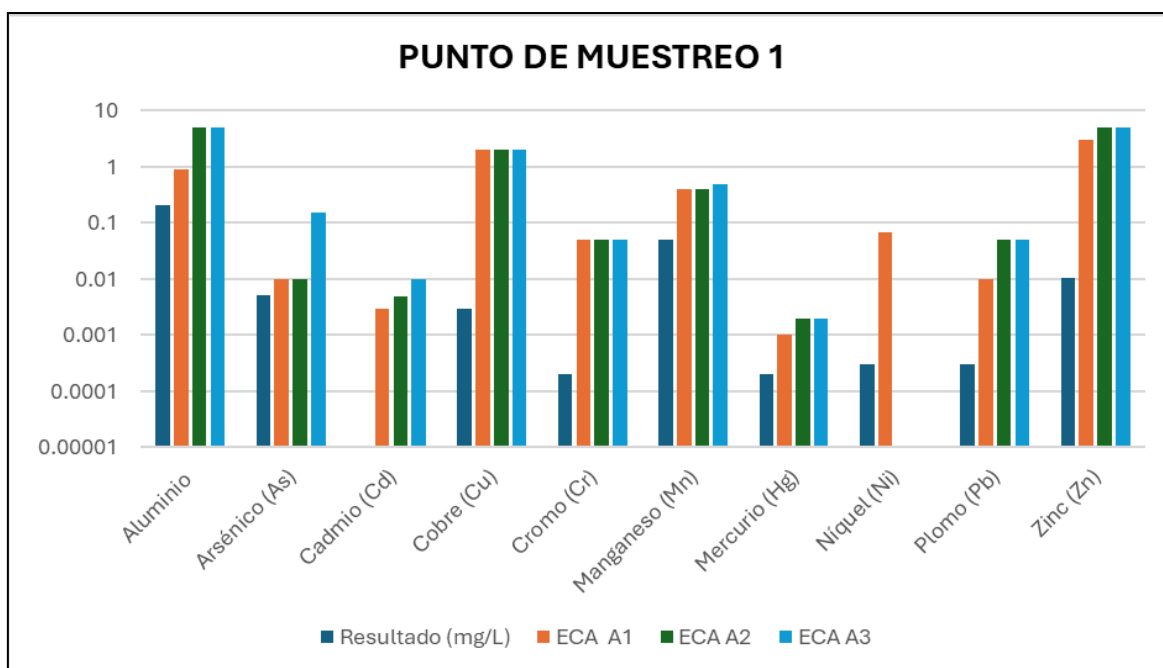


Figura 03: Punto de muestreo 1, concentración de metales pesados en el agua superficial del río Torata.

En la tabla 4 y figura 3 se visualiza los resultados de los metales pesados como Aluminio (Al) con 0.2046 mg/L , Arsénico(As) con 0.00516 mg/L . Cadmio (Cd) con 0.00001 mg/L, Cobre (Cu), con 0.003 mg/L Cromo (Cr) con 0.0002 mg/L, Manganeso (Mn) con 0.0507 mg/L, Mercurio (Hg) con 0.0002 mg/L, Níquel (Ni) con 0.0003 mg/L, Plomo (Pb) con 0.0003 mg/L, Zinc (Zn) con 0.0104 mg/L. los cuales no superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidas para aguas de acuerdo al DS 004-2017-MINAM para la categoría 1, destinada a la producción de agua potable en sus categorías A1, A2 y A3, sin embargo cabe resaltar que el aluminio (Al) , arsénico (As) y manganeso (Mn) destacan como los metales con mayor presencia relativa en el gráfico, sin embargo, aún se encuentra por debajo del límite de del ECA. En relación con los resultados obtenidos por Luna, (2019) en su investigación Determinación del índice de calidad de agua del río Asana de la cuenca Asana–Osmore–Ilo, en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua, donde la mayoría de los parámetros físico químicos metalicos aluminio, arsenico, boro, cadmio, cobre, hierro, manganeso, mercurio, plomo, cumplieron con los ECA para agua. Sin embargo, Luna (2019) identificó excedencias de zinc durante

el mes de mayo, con concentraciones de 2,5 mg/L y 4,26 mg/L, superando el límite permitido para la categoría 3, subcategoría D1. En contraste, en el presente estudio la concentración de zinc fue de 0,0104 mg/L, valor significativamente inferior a los límites normativos. Esta diferencia podría estar asociada a factores temporales, como las condiciones hidrológicas del río durante las épocas de estiaje y avenida, así como a la variabilidad en la influencia de actividades antrópicas locales.

Tabla 05: Punto de muestreo 2 Concentración de metales pesados comparada con los ECA Categoría 1: subcategoría A

| PUNTO DE MUESTREO 2 | | | | |
|----------------------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Parámetro | Resultado (mg/L) | ECA A1 | ECA A2 | ECA A3 |
| <i>Aluminio</i> | 0.1827 | 0.9 | 5 | 5 |
| <i>Arsénico (As)</i> | 0.00600 | 0.01 | 0.01 | 0.15 |
| <i>Cadmio (Cd)</i> | 0.00001 | 0.003 | 0.005 | 0.01 |
| <i>Cobre (Cu)</i> | 0.002 | 2 | 2 | 2 |
| <i>Cromo (Cr)</i> | 0.0002 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| <i>Manganeso (Mn)</i> | 0.0388 | 0.4 | 0.4 | 0.5 |
| <i>Mercurio (Hg)</i> | 0.0001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 |
| <i>Níquel (Ni)</i> | 0.0002 | 0.07 | | |
| <i>Plomo (Pb)</i> | 0.0003 | 0.01 | 0.05 | 0.05 |
| <i>Zinc (Zn)</i> | 0.0108 | 3 | 5 | 5 |

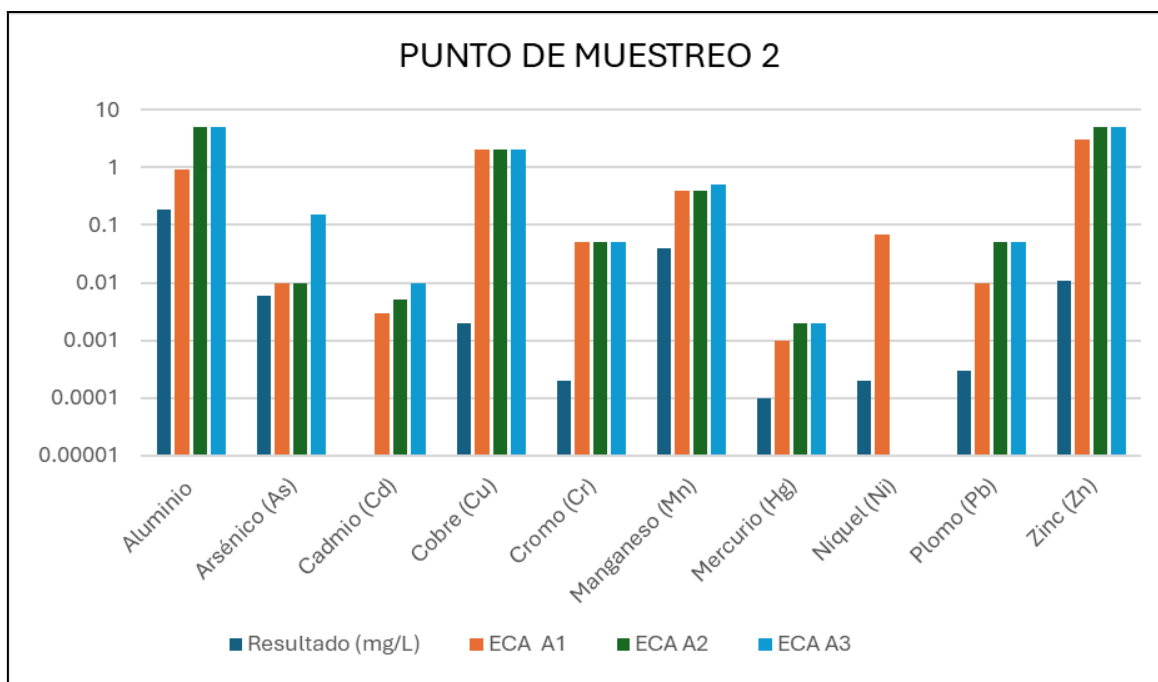


Figura 04: Punto de muestreo 2, concentración de metales pesados en el agua superficial del río Torata.

Como se visualiza en la tabla 3 y figura 4, en el punto de muestreo 2 los resultados fueron los siguientes el aluminio (Al) con 0.1827mg/L, el arsénico (As) 0.00600 mg/L, el Cadmio (Cd) 0.00001 mg/L, el Cobre (Cu) 0.002 mg/L, el Cromo (Cr) 0.0002 mg/L, el Manganeseo (Mn) 0.0388 mg/L, el Mercurio (Hg) 0.0001 mg/L el Níquel (Ni) 0.0002 mg/L el Plomo (Pb) 0.0003 mg/L el y .Zinc (Zn) 0.0108 mg/L, lo que indica que se encuentran dentro de los estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidas para aguas de acuerdo al DS 004-2017-MINAM para la categoría 1, destinada a la producción de agua potable en sus subcategorías A1, A2 y A3, se puede mostrar que la calidad del agua en este punto de muestreo es adecuada para la vida acuática y el consumo humano (previo tratamiento), por su baja concentración de metales pesados. Estos resultados son similares a los resultados obtenidos por Vasquez, (2022) en su investigación titulada Contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, donde Existe una aproximación importante en los niveles de Arsénico que obtuvo valores entre 0.0051 y 0.0066 mg/L, rangos que sujetan casi con exactitud el resultado de 0.00600 mg/L hallado en el punto de muestreo 2 en cuanto al Plomo,

(0.0003 mg/L) es considerablemente más bajo que el rango máximo de del autor (0.0048 mg/L). En ambos casos, los niveles cumplen con los estándares de calidad (ECA categoría 1 subcategoría A y Categoría 4 respectivamente). Sin embargo, Vasquez, (2022) también alertó sobre una superación de los límites de cadmio (Cd) 0.0004 mg/L, cromo (Cr) 0.02 mg/L y mercurio (Hg) 0.001 mg/L los resultados del presente estudio en el punto de muestreo 2 demuestran que están dentro del límite permitido, Esta diferencia insinúa que el punto de muestreo 2 no está sujeto a las mismas influencias contaminantes.

Tabla 06: Punto de muestreo 3 Concentración de metales pesados comparada con los ECA Categoría 1: subcategoría A

| PUNTO DE MUESTREO 3 | | | | |
|----------------------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Parámetro | Resultado (mg/L) | ECA A1 | ECA A2 | ECA A3 |
| <i>Aluminio</i> | 0.0384 | 0.9 | 5 | 5 |
| <i>Arsénico (As)</i> | 0.01131 | 0.01 | 0.01 | 0.15 |
| <i>Cadmio (Cd)</i> | 0.00007 | 0.003 | 0.005 | 0.01 |
| <i>Cobre (Cu)</i> | 0.001 | 2 | 2 | 2 |
| <i>Cromo (Cr)</i> | 0.0008 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| <i>Manganeso (Mn)</i> | 0.0248 | 0.4 | 0.4 | 0.5 |
| <i>Mercurio (Hg)</i> | 0.0001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 |
| <i>Níquel (Ni)</i> | 0.0002 | 0.07 | | |
| <i>Plomo (Pb)</i> | <0.0002 | 0.01 | 0.05 | 0.05 |
| <i>Zinc (Zn)</i> | 0.0263 | 3 | 5 | 5 |

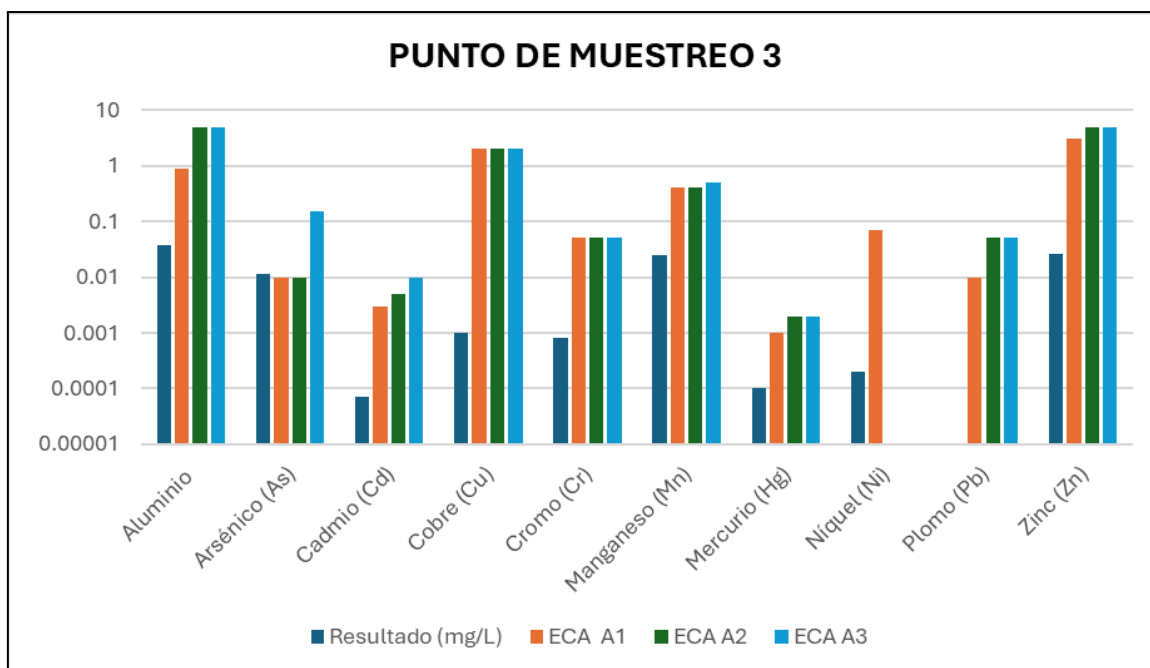


Figura 05: Punto de muestreo 3, concentración de metales pesados en el agua superficial del río Torata.

En la tabla 6 y figura 5 se visualiza los resultados de los metales pesados como Aluminio. Teniendo en cuenta los análisis realizados en el punto de muestreo 3 del río Torata, se observa que la calidad del agua es aceptable para la mayoría de los parámetros evaluados. Los resultados indican que las concentraciones de los metales analizados se mantienen en niveles bajos, No obstante, los datos identificaron un parámetro puntual que requiere atención desde el punto de vista normativo, Los resultados obtenidos fueron: Aluminio (Al) 0.0384 mg/L, Arsénico (As) 0.01131 mg/L, Cadmio (Cd) 0.00007 mg/L, Cobre (Cu) 0.001 mg/L, Cromo (Cr) 0.0008 mg/L, Manganeseo (Mn) 0.0248 mg/L, Mercurio (Hg) 0.0001 mg/L, Níquel (Ni) 0.0002 mg/L, Plomo (Pb) <0.0002 mg/L y Zinc (Zn) 0.0263 mg/L. Según los resultados los resultados enunciados se encuentran dentro de los límites admitidos, No obstante, el Arsénico (As) registró un valor de 0.01131 mg/L, excediendo ligeramente el límite de 0.01 mg/L establecido por el D.S. N.º 004-2017-MINAM para la Subcategoría A1 y A2. Comparando con la investigación concentración de metales pesados en las aguas del río Cuchumbaya, ubicado en el distrito de Cuchumbaya, región Moquegua, realizada por Nina (2025) obteniendo

resultados como el Arsénico con (0.06648 mg/L) superando las subcategorías A1 y A2. El punto de muestreo 3, de esta investigación confirma esta problemática local, aunque con una concentración menor (0.01131 mg/L), evidenciando que el Arsénico es un parámetro de que requiere vigilancia, en este caso el agua del río Torata necesita tratamiento avanzado para que pueda ser potabilizada. Este resultado puede estar asociado a diferentes procesos naturales y antropogénicos, ya que el arsénico es un metaloide abundante en la corteza terrestre y se encuentra asociado a numerosos minerales, principalmente en aquellos que contienen sulfuros junto con metales como cobre, plomo y níquel, lo que facilita su movilidad en el ambiente. La contaminación por arsénico es un problema ambiental global debido a procesos naturales como la meteorización de rocas y las erupciones volcánicas y antropogénicas como la industrialización. La presencia de este metal en el agua se debe por factores geológicos donde existe interacción de fases sólidas y líquidas facilitando su transporte a sistema acuáticos Espiritu et al., (2022)

4.3. PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2: COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS DEL RÍO TORATA SEGÚN (ECA) PARA AGUA, CATEGORÍA 3 RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES.

Tabla 07: Punto de muestreo 1 Concentración de metales pesados comparada con los ECA para agua Categoría 3.

| PUNTO DE MUESTREO 1 | | | |
|----------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Parámetro | Resultado (mg/L) | D1 | D2 |
| | | Riego de vegetales | Bebida de animales |
| <i>Aluminio</i> | 0.2046 | 5 | 5 |
| <i>Arsénico (As)</i> | 0.00516 | 0.1 | 0.2 |
| <i>Cadmio (Cd)</i> | 0.00001 | 0.01 | 0.05 |
| <i>Cobre (Cu)</i> | 0.003 | 0.2 | 0.5 |
| <i>Cromo (Cr)</i> | 0.0002 | 0.1 | 1 |
| <i>Manganeso (Mn)</i> | 0.0507 | 0.2 | 0.2 |
| <i>Mercurio (Hg)</i> | 0.0002 | 0.001 | 0.01 |
| <i>Níquel (Ni)</i> | 0.0003 | 0.2 | 1 |
| <i>Plomo (Pb)</i> | 0.0003 | 0.05 | 0.05 |
| <i>Zinc (Zn)</i> | 0.0104 | 2 | 24 |

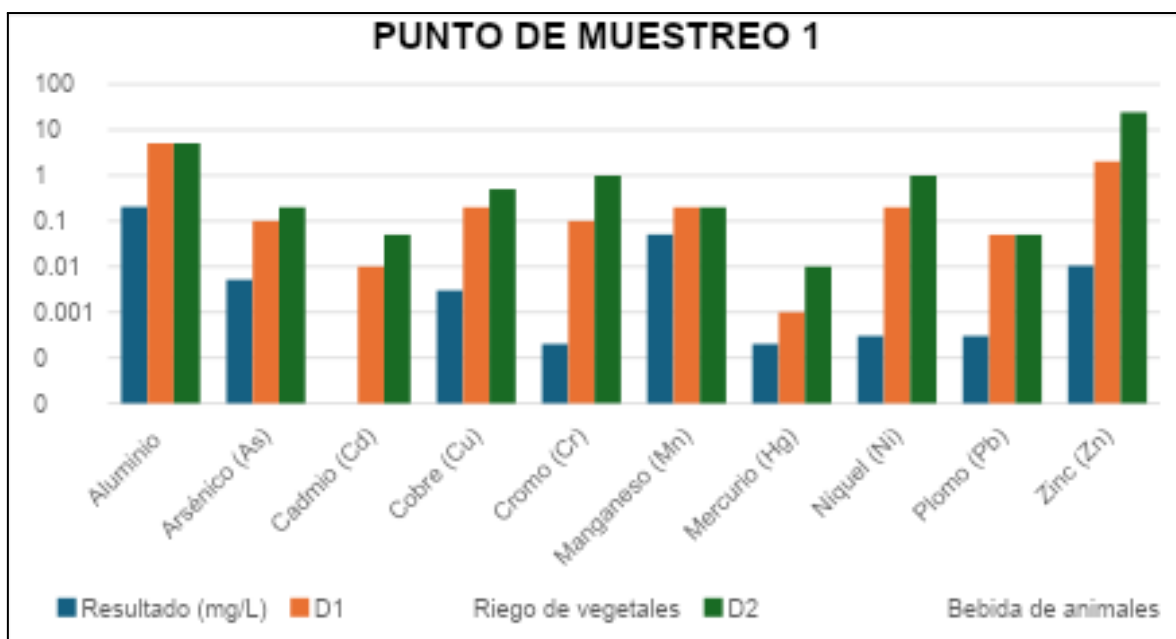


Figura 06: Punto de muestreo 1, concentración de metales pesados en el agua superficial del río Torata.

Los resultados obtenidos se aprecian en la tabla 7 y figura 6 donde la concentración de metales fueron las siguientes Aluminio (Al) con 0.2046 mg/L , Arsénico(As) con 0.00516 mg/L, Cadmio (Cd) con 0.00001 mg/L, Cobre (Cu), con 0.003 mg/L Cromo (Cr) con 0.0002 mg/L, Manganeseo (Mn) con 0.0507 mg/L, Mercurio (Hg) con 0.0002 mg/L, Níquel (Ni) con 0.0003 mg/L, Plomo (Pb) con 0.0003 mg/L, Zinc (Zn) con 0.0104 mg/L. los cuales no superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidas para aguas de acuerdo al DS 004-2017-MINAM para para la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, estos resultados son parecidos a los que reportó (Quea, 2025) en su investigación Evaluación de la calidad de agua del río Phusalaya Jahuirra – Centro Poblado de Ichu, donde los metales pesados también se hallaron por debajo de los límites de los ECA para agua, mostrando una buena calidad para uso agrícola. De modo similar, (Luna, 2019) que tuvo como objetivo la Determinación del índice de calidad de agua del río Asana de la cuenca Asana–Osmore–llo reportó que, en el río Asana, en la mayoría de los metales evaluados cumplían con los ECA para agua, a excepción del zinc, situación que no se evidencia en el presente estudio del río Torata.

Tabla 08: Punto de muestreo 2 Concentración de metales pesados comparada con los ECA para agua, categoría 3

| PUNTO DE MUESTREO 2 | | | |
|----------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------|
| Parámetro | Resultado (mg/L) | D1 | D2 |
| | | de vegetales | Bebida de animales |
| <i>Aluminio</i> | 0.1827 | 5 | 5 |
| <i>Arsénico (As)</i> | 0.00600 | 0.1 | 0.2 |
| <i>Cadmio (Cd)</i> | 0.00001 | 0.01 | 0.05 |
| <i>Cobre (Cu)</i> | 0.002 | 0.2 | 0.5 |
| <i>Cromo (Cr)</i> | 0.0002 | 0.1 | 1 |
| <i>Manganeso (Mn)</i> | 0.0388 | 0.2 | 0.2 |
| <i>Mercurio (Hg)</i> | 0.0001 | 0.001 | 0.01 |
| <i>Níquel (Ni)</i> | 0.0002 | 0.2 | 1 |
| <i>Plomo (Pb)</i> | 0.0003 | 0.05 | 0.05 |
| <i>Zinc (Zn)</i> | 0.0108 | 2 | 24 |

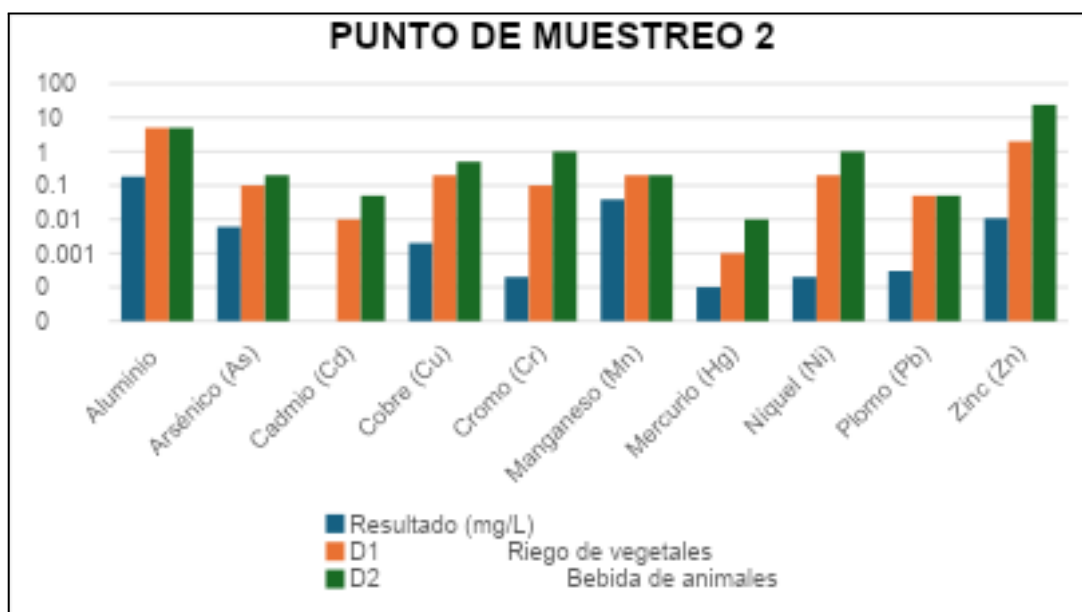


Figura 07: Punto de muestreo 2, concentración de metales pesados en el agua superficial del río Torata.

Como se observa en la tabla 8 y figura 7 los resultados de los metales pesados evidenciaron lo siguiente el aluminio (Al) con 0.1827mg/L ,el arsénico (As) 0.00600 mg/L, el Cadmio (Cd) 0.00001 mg/L, el Cobre (Cu)0.002 mg/L, el Cromo (Cr) 0.0002 mg/L, el Manganeseo (Mn)0.0388 mg/L, el Mercurio (Hg) 0.0001 mg/L el Níquel (Ni) 0.0002 mg/L el Plomo (Pb) 0.0003 mg/L el y .Zinc (Zn) 0.0108 mg/L. Los resultados obtenidos en el Punto de Muestreo 2 muestran que las concentraciones de los metales pesados evaluados se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3, tanto para la subcategoría D1 riego de vegetales como para la subcategoría D2 bebida de animales, evidenciando la ausencia de contaminación por metales en el área de estudio. En el caso del manganeso (Mn) y el zinc (Zn), aunque se presentaron en concentraciones relativamente mayores en comparación con otros metales se mantuvieron dentro de los límites permisibles. Este resultado es contrastado con lo señalado por (Luna, 2019) en el río Asana y por (Quea, 2025) en el río Phusalaya Jahuirá, donde estos metales, no representan un riesgo ambiental, Por otro lado, los resultados del presente estudio

guardan similitud con los hallazgos de Calero (2023), quien evaluó el contenido de metales pesados en el agua superficial de la desembocadura del río Chancay, en Huaral. En dicho estudio, la mayoría de los metales analizados presentaron concentraciones dentro de los límites establecidos por los ECA y los valores de referencia de la Organización Mundial de la Salud, con excepción del plomo, que mostró una superación puntual de la normativa. En contraste, en el río Torata todas las concentraciones de metales, incluido el plomo, se mantuvieron por debajo de los límites permisibles, lo que sugiere una menor afectación antrópica en el punto de muestreo evaluado.

Tabla 09: Punto de muestreo 3 Concentración de metales pesados comparada con los ECA para agua, categoría 3

| PUNTO DE MUESTREO 3 | | | | |
|----------------------------|-------------------------|-----------|--------------------|------------------|
| Paramero | Resultado (mg/L) | D1 | Riego de D2 | Bebida de |
| | | | vegetales | animales |
| <i>Aluminio</i> | 0.0384 | 5 | | 5 |
| <i>Arsénico (As)</i> | 0.01131 | 0.1 | | 0.2 arám |
| <i>Cadmio (Cd)</i> | 0.00007 | 0.01 | | 0.05 |
| <i>Cobre (Cu)</i> | 0.001 | 0.2 | | 0.5 |
| <i>Cromo (Cr)</i> | 0.0008 | 0.1 | | 1 |
| <i>Manganeso (Mn)</i> | 0.0248 | 0.2 | | 0.2 |
| <i>Mercurio (Hg)</i> | 0.0001 | 0.001 | | 0.01 |
| <i>Níquel (Ni)</i> | 0.0002 | 0.2 | | 1 |
| <i>Plomo (Pb)</i> | 0.0002 | 0.05 | | 0.05 |
| <i>Zinc (Zn)</i> | 0.0263 | 2 | | 24 |

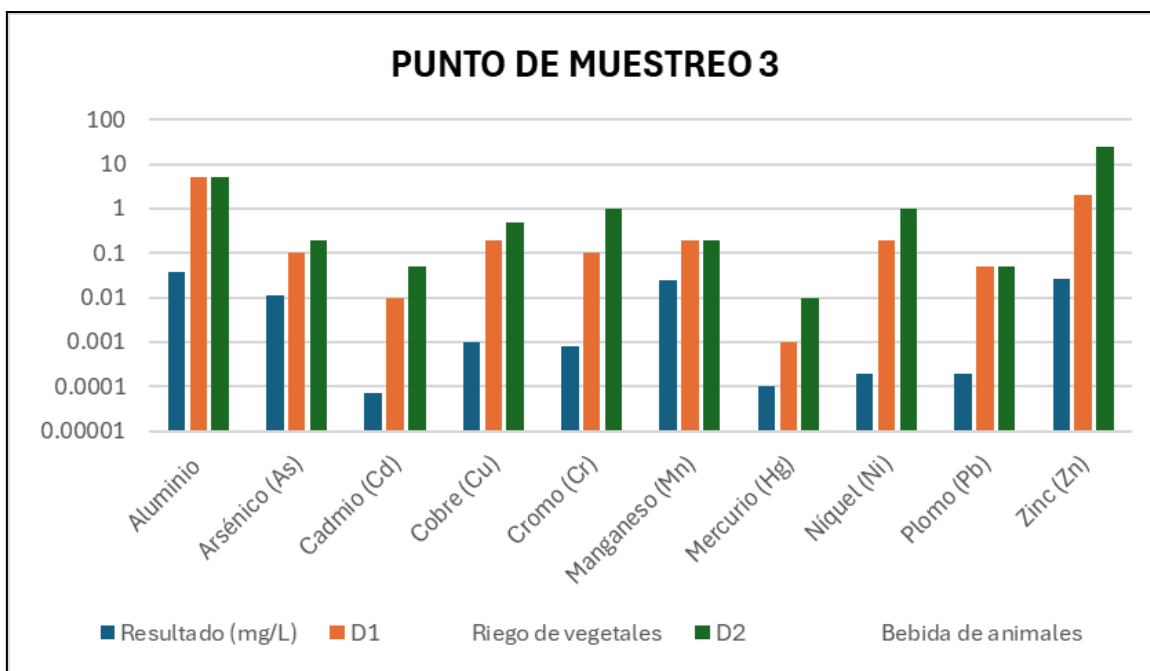


Figura 08: Concentración metales pesados en aguas superficiales del río Torata punto de muestreo 3

En la tabla 9 y figura 8 se aprecia los resultados donde los valores fueron, Aluminio (Al) 0.0384 mg/L, Arsénico (As) 0.01131 mg/L, Cadmio (Cd) 0.00007 mg/L, Cobre (Cu) 0.001 mg/L, Cromo (Cr) 0.0008 mg/L, Manganeseo (Mn) 0.0248 mg/L, Mercurio (Hg) 0.0001 mg/L, Níquel (Ni) 0.0002 mg/L, Plomo (Pb) <0.0002 mg/L y Zinc (Zn) 0.0263 mg/L. los resultados se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental para agua (ECA) categoría 3, cabe resaltar que se debe tener en cuenta que como se muestra en la tabla 8 y figura 9 el arsénico (As) presentó una concentración de 0.01131 mg/L, valor que cumple con los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua en la Categoría 3. Sin embargo, este resultado es ligeramente mayor al registrado en el Punto de Muestreo 2. Quea (2025) en su estudio realizado en el río Phusalaya Jahuira, Puno donde se evaluaron parámetros fisicoquímicos y metales pesados considerando los criterios de la Categoría 3, subcategoría D1. En dicho estudio, se encontraron dentro de los límites permisibles establecidos por los ECA, concluyéndose que el agua presentaba una adecuada calidad ambiental para el riego de vegetales. Asimismo, la similitud entre ambos estudios propone que, bajo condiciones de baja

influencia antrópica y un adecuado control de las actividades humanas cercanas a los cuerpos de agua, es posible mantener concentraciones de metales pesados por debajo de los límites normativos establecidos para la Categoría 3. En el caso del río Torata, aunque algunos metales como el manganeso, zinc y arsénico presentaron concentraciones relativamente mayores en comparación con otros elementos, estos valores no superaron los límites máximos permisibles, contrastando con los resultados obtenidos por Nina, (2025) en el río Cuchumbaya, región Moquegua, presentan concentraciones bajas de la mayoría de los metales pesados analizados, como cadmio, mercurio, plomo, cromo y níquel, las cuales cumplen con los valores establecidos por la normativa ambiental vigente. No obstante, se identifican diferencias en la concentración de arsénico entre ambos estudios. Mientras que en el presente estudio el arsénico registró una concentración de 0,01131 mg/L en el Punto de Muestreo 3, valor que cumple con los ECA para la Categoría 3, Nina (2025) reportó una concentración de arsénico de 0,06648 mg/L, la cual superó los límites establecidos para la Categoría 1 (subcategorías A1 y A2), aunque cumplió con los estándares correspondientes a la Categoría 3. Esta diferencia podría estar asociada a factores geológicos propios de cada cuenca, así como a la influencia de actividades antrópicas.

Se debe tener en cuenta que el arsénico es un metal que está presente en los ríos, ya que suelen estar presentes de forma natural (volcánico) o por actividades humanas.

4.3.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Comparación de la Hipótesis General

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

Comprobación de la hipótesis específica 1

Hipótesis Nula (H_0):

Los metales totales identificados y cuantificados en los puntos de muestreo del río Torata no permiten evaluar una calidad de agua adecuada para los usos establecidos.

Hipótesis Alterna (H_1):

Los metales totales identificados y cuantificados en los puntos de muestreo del río Torata permiten evaluar una calidad de agua adecuada para los usos establecidos.

El análisis de laboratorio permitió identificar y cuantificar variedades de metales en los puntos de muestreo del río Torata, incluyendo metales alcalinos, alcalinotérreos, de transición, metaloides y otros elementos. Las concentraciones de los metales se mantuvieron dentro de los rangos, lo que permitió caracterizar el estado del río Torata.

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), afirmando que los metales totales identificados permiten evaluar la calidad de agua adecuada para los usos establecidos. **Tabla 3**

Comprobación de la hipótesis específica 2

Hipótesis nula (H_0):

Las concentraciones de metales pesados presentes en el agua superficial del río Torata no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, subcategoría A, destinadas a la producción de agua potable.

Hipótesis alterna (H_1):

Las concentraciones de metales pesados presentes en el agua superficial del río Torata cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 1: subcategoría A destinadas a la producción de agua potable.

Comprobación:

Al comparar las concentraciones de metales pesados obtenidas con los valores establecidos en los ECA para agua, subcategoría A, se determinó que los parámetros evaluados, tales como arsénico, cadmio, plomo, mercurio, cobre, cromo y zinc, se encuentran dentro de los límites permitidos. En algunos puntos, el arsénico presentó valores cercanos al límite, sin llegar a superarlo. Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), indicando que el agua superficial del río Torata es apta para la producción de agua potable previo tratamiento. **Tabla 6**

Comprobación de la hipótesis específicas

Hipótesis nula (H_0):

Las concentraciones de metales pesados presentes en el agua superficial del río Torata no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3, destinada al riego de vegetales y bebida de animales.

Hipótesis alterna (H_1):

Las concentraciones de metales pesados presentes en el agua superficial del río Torata cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3, destinada al riego de vegetales y bebida de animales.

Comprobación:

Los resultados obtenidos muestran que las concentraciones de metales pesados analizados en el río Torata se encuentran dentro de los límites permitidos establecidos para la Categoría 3 de los ECA para agua. Esto indica que el agua del río Torata no representa un riesgo para el riego de vegetales ni para la bebida de animales. Por ello, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), confirmando que el agua del río Torata es adecuada para uso agrícola y pecuario. **Tabla 9**

CONCLUSIONES

PRIMERA Se identificó y cuantificó la presencia de metales y no metales presentes en el agua superficial del río Torata, registrándose elementos como 5 metales alcalinotérreos, 13 metales de transición, 4 metaloides, 4 metales alcalinos, 5 metales post-transición, 1 lantánido, 2 no metales, 1 actínidos, lo que permitió la evaluación y caracterización de los metales presentes en el agua del río Torata en los 3 puntos de muestreo evaluados.

SEGUNDA Las concentraciones de metales pesados analizados, tales como Aluminio (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganeso (Mn), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Zinc (Zn), en el punto de muestreo 1 y 2 se encontraron dentro de los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. A excepción del punto 3 donde el arsénico presentó (0.01131) mg/L sobrepasando ligeramente el ECA establecido para agua en la categoría 1. subcategoría A1 Y A2, lo que pone en riesgo la salud de la población,

TERCERA Las concentraciones de metales pesados analizados, tales como Aluminio (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganeso (Mn), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Zinc (Zn), al comparar los resultados obtenidos con los ECA para agua, Categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales), se concluyó que el agua superficial del río Torata cumple con los estándares establecidos, por lo que es apta para su uso agrícola y pecuario, sin representar un riesgo de contaminación por metales pesados.

CUARTA: Los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo revelan que la calidad del agua presenta variaciones a lo largo de la zona de estudio, cumpliendo parcialmente con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (Categoría 1 -

Subcategoría A). El Punto de Muestreo 1 y punto de muestreo 2 presenta un cumplimiento total con los estándares de calidad (ECA) categoría 1: subcategoría A1, A2 y A3, sin embargo, en el punto 3 se identifica un riesgo específico por Arsénico (As), donde el valor registrado (0.01131 mg/L) supera el límite de potabilización con desinfección y potabilización con tratamiento convencional (0.01 mg/L), se concluye que las aguas superficiales del río Torata no son óptimas para el consumo humano debido a la presencia del arsénico, la cual es un riesgo para la salud. Aunque , podrían aprovecharse en la agricultura y bebida de animales de manera condicionada, y monitoreos constantes.

RECOMENDACIONES

PRIMERA A las autoridades locales y regionales realizar estudios más amplios sobre el estado en cuanto a la calidad del agua superficial. En con respecto a la Municipalidad distrital de Torata tomar medidas para implementar procesos que ayuden a reducir la concentración del arsénico en el río Torata, como La fitorremediación, siendo una técnica ecológica y económica para descontaminar suelos y aguas. Asimismo, se deben organizar charlas educativas a las comunidades cercanas en cuanto al cuidado del agua.

SEGUNDA A la autoridad nacional del agua (ANA) a través de la administración local del agua Moquegua, realizar estudios a lo largo de la cuenca Osmore al cual pertenece el río Torata, teniendo en cuenta que si bien la mayoría de metales no sobrepasaron los límites (ECA) para agua, se debe tener en cuenta que el ligero aumento de arsénico es la primera señal de alerta que confirma que el río está empezando a cambiar donde se debe realizar un monitoreo permanente.

TERCERA Se sugiere a los investigadores realizar estudios foliares para metales cercanas al río Torata, con el objetivo de analizar el estado de la agricultura, junto a ello identificar las fuentes posibles de contaminación por metales pesados teniendo en cuenta que el distrito de Torata es una zona minera y está expuesta a contaminación antropogénica.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, Elisabeth, & Zagorski, J. (2024, julio 15). *Trending – Essential Metals*. Center for Research on Ingredient Safety. <https://cris.msu.edu/news/trending/trending-essential-metals/>
- Anzules, Í. del C. P., & Castro, D. W. M. (2022). Contaminación ambiental. *RECIMUNDO*, 6(2), 93-103. [https://doi.org/10.26820/recimundo/6.\(2\).abr.2022.93-103](https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(2).abr.2022.93-103)
- Baran, J. E. (2021). *Metaloenzimas de plantas*. <https://www.ancefn.org.ar/user/FILES/Academia/Metaloenzimas%20de%20plantas.pdf>
- Biolé, M. P. (2023). *Evaluación de la calidad del agua superficial y sedimentos de la cuenca media-baja del río Ctalamochita, Córdoba* [Universidad Nacional de Villa María]. http://biblio.unvm.edu.ar/opac_css/45000/3502/TFG-2023-BIOLE-M.pdf
- Brito, M., Alvarado, R., Mendez, P., & Cazorla, X. (2022). Evaluación de la contaminación por metales pesados del Río Cuchipamba, Morona Santiago. *Ciencias Técnicas y Aplicadas*, 7(7). <https://doi.org/10.23857/pc.v7i7>
- Calero, B. S. (2023). *Evaluación del contenido de metales pesados en el agua superficial de desembocadura del río Chancay, Huaral, año 2021*. <https://repositorio.unjpsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7797>
- CENEPRED. (2025). *Escenario de riesgo por contaminación hídrica en algunos distritos de las provincias de Mariscal Nieto y General Sánchez Cerro, departamento de Moquegua | SIGRID*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/19662>
- Cevallos, M., Gerladine Cevallos, Luaces Alberto, M. D., & Cuello Pérez, M. (2023). Determinación de metales pesados (pb, cd, hg, as) en aguas del río teaone, ecuador. *Emerging Trends in Education*, 7(3), 173-188. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9493845>
- Chambi, S. E., & Yana, G. (2024). *Concentración de arsénico y metales totales en aguas superficiales y subterráneas de la región Puno, 2023*. <https://hdl.handle.net/20.500.14845/128>

- Cirelli, A. F. (2012). *El agua: Un recurso esencial*. 11(3).
<http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v11n3/fernandez.html>
- Contreras, P. R. (2017). *Deficiencias normativas de la ley n°29338 en la administración y uso de aguas subterráneas con fines agrícolas en la provincia de Ica en el año 2014*. <https://hdl.handle.net/20.500.14512/108>
- Copacoila, J. (2017). *Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas superficiales del río Coata*.
<https://repositorio.unap.edu.pe/items/0c0135f0-4def-46e5-bcd8-748f00de8101>
- Dunán, P. L., Fernández-Rodríguez, M., Riverón-Zaldívar, A. B., Bassas-Noa, P. R., Dunán-Avila, P. L., Fernández-Rodríguez, M., Riverón-Zaldívar, A. B., & Bassas-Noa, P. R. (2022). Evaluación preliminar de la calidad de las aguas del río Yamanigüey para el riego agrícola. *Minería y Geología*, 38(1), 83-98.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1993-80122022000100083&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Espiritu, C. G., Ocola, J., Chuquisengo, L., & Meza, M. A. (2022). DINÁMICA DE METALES PESADOS QUE AFECTAN A LOS CUERPOS DE AGUA DEL SISTEMA HÍDRICO LAGO TITICACA, RÍO DESAGUADERO, LAGO POOPÓ Y SALAR DE COIPASA - TDPS. *Autoridad Binacional Autónoma Lago Titicaca*.
https://alt-perubolivia.org/wp-content/uploads/2023/05/9.%20Din%C3%A1mica%20de%20metales%20pesados_final_compressed.pdf
- Franco, E. F., Ramos, R., Ovando-Javier, A., Montero-Espailat, E., Bonilla, S., & Veda, A. (2023). Sensores de calidad de agua para el control de la contaminación fisicoquímica en los acuíferos de Latinoamérica: Una revisión. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 6(1), 45-70. <https://doi.org/10.22206/cac.2023.v6i1.pp45-70>
- García, B. V. (2019). *Contaminación del agua por metales pesados As, B, Cu, Pb, Cd y CN- en las cuencas de los ríos Tambo, Quilca, Camaná y Ocoña de la región Arequipa*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10764>

- Guadarrama, Kido, Roldán, & Salas. (2016). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5).
https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recurso_s_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recurso_s_Naturales_V2_N5.pdf
- Hernández, Y., Rodríguez, P., Peña, M., Meriño, Y., Cartaya, O., Hernández-Baranda, Y., Rodríguez-Hernández, P., Peña-Icart, M., Meriño-Hernández, Y., & Cartaya-Rubio, O. (2019). Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate. *Cultivos Tropicales*, 40(3).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362019000300010&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Larios, F., González Taranco, C., & Morales Olivares, Y. (2016). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y Hacer*, 2(2), 8-25.
<https://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/115>
- López, M. Á., González-Gómez, G., Posadas-Cano, C., & Castellanos-Onorio, O. P. (2024). Tratamiento para aguas contaminadas con metales pesados Una revisión. *INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO REVISTA DIGITAL*.
- Loyde, L. A., González Méndez, B., Cruz Avalos, A. M., Loredó Portales, R., Loyde, L. A., González Méndez, B., Cruz Avalos, A. M., & Loredó Portales, R. (2022). Suelos agrícolas y metales pesados, una relación tóxica que se puede remediar. *Epistemos (Sonora)*, 16(33), 93-98. <https://doi.org/10.36790/epistemos.v16i33.228>
- Luna, K. D. (2019). *Determinación del índice de calidad de agua del Río Asana de la cuenca Asana – Osmore—Ilo, del distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, Región Moquegua*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/11043>
- Maquera. (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*. <https://hdl.handle.net/20.500.14655/492>

- Miller, T., & Spoolman, S. (2019). *Ciencia Ambiental*, CENGAGE.
<http://latinoamerica.cengage.com>
- MINAM. (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM*. Ministerio del Ambiente.
<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- Nina, J. (2025). Concentración de metales pesados en aguas del Río Cuchumbaya Distrito Cuchumbaya—Moquegua, 2024. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1556>
- OMS. (2017). *Guidelines for drinking-water quality* (Fourth edition incorporating the first addendum). World Health Organization.
- Orihuela, R. (2021, noviembre 22). *Ríos Muertos. Cicatrices de la minería en el sur del Perú*. <https://www.connectas.org/especiales/contaminacion-minera-rios-peru/>
- Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., Gallo, J. A., Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18. <https://doi.org/10.31908/19098367.0001>
- Paisio, C. E., González, P. S., Talano, M. A., & Agostini, E. (2012). *Remediación biológica de mercurio: Recientes avances*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/198852>
- Quea, S. W. (2025). Evaluación de la calidad del agua del río Phusalaya Jahuira—Centro Poblado de Ichu—2024. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1289>
- Ramos, L. A., & León, M. (2025). Metales y metaloides: Tóxicos ambientales que afectan la memoria. *Elementos BUAP*. <https://elementos.buap.mx/post.php?id=1456>
- Rey, A. R., Luna, L. C., Cantillo, G. M., & Espinosa, M. E. S. (2016). *Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre*.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz Lagos, M., & González Jimenez, E. E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+D*, 16(2), 66-77.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>

- Salas, D., Hermoza-Gutiérrez, M., & Salas-Ávila, D. (2020). Distribución de metales pesados y metaloides en aguas superficiales y sedimentos del río Crucero, Perú. *Revista Boliviana de Química*, 37(4), 185-193. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0250-54602020000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Sanchez, R. R. (2019). *Niveles de Metales Pesados (Pb, Al y Sr) en época de avenida y estiaje en el Río Osmore, región Moquegua*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8804>
- Torres, L. J. T. (2025). Impacto de la minería en el medio ambiente panameño: Perspectivas legales en Panamá: Impact of mining on the panamanian environment: legal perspectives in Panama. *Revista Plus Economía*, 29-42. <https://doi.org/10.59722/pluseconomia.v13i2.979>
- UNESCO. (2021). *UN World Water Development Report 2021*. UN-Water. <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2021>
- Vasquez, J. P. (2022). *Contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del Río Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022*. <https://hdl.handle.net/20.500.14597/4708>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES TOTALES PRESENTES EN EL AGUA SUPERFICIAL DEL RÍO TORATA 2026

| PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTO | METODOLOGÍA |
|---|--|---|--|--|---|--|---|
| <p>GENERAL: ¿Cuáles son las concentraciones de metales totales en el agua superficial del río Torata, distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, Moquegua, de acuerdo a DS 004-2017 MINAM?</p> <p>Específicos: ¿Cuál será la totalidad de metales totales presentes en el agua superficial del río Torata mediante análisis de laboratorio en cada punto de muestreo representativos? ¿Las concentraciones de metales pesados en el agua superficial del río Torata, se encontrarán dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) subcategoría A aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable? ¿Las concentraciones de metales pesados en el agua superficial del río Torata, se encontrarán dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Categoría 3 riego para vegetales y bebida de animales?</p> | <p>GENERAL: Determinar la concentración de metales totales en el agua superficial del río Torata, distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua, 2026, de acuerdo con DS 004-2017 MINAM</p> <p>Específicos: -Identificar y cuantificar los metales totales presentes en el agua superficial del río Torata mediante análisis de laboratorio en cada punto de muestreo representativos. -Comparar las concentraciones de metales pesados presentes en el agua superficial del río Torata con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, subcategoría A aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. -Comparar las concentraciones de metales pesados presentes en el agua superficial del río Torata con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales</p> | <p>GENERAL: La concentración de metales totales en el agua superficial del río Torata, distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua, 2026, cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.</p> <p>Específica: -Los metales totales identificados y cuantificados en los puntos de muestreo del río Torata se presentan en concentraciones que permiten evaluar la calidad del agua para los usos establecidos. -Las concentraciones de metales pesados presentes en el agua superficial del río Torata cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, subcategoría A destinada a la producción de agua potable, previo tratamiento. -Las concentraciones de metales pesados presentes en el agua superficial del río Torata cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3, destinada al riego de vegetales y bebida de animales.</p> | <p>VARIABLE INDEPENDIENTE TE</p> <p>Metales totales</p> | <p>S</p> <p>Nivel de concentración</p> | <p>Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Cu, Cr, Fe, Mg, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, U, Zinc.</p> <p>ECA 004-2017</p> <p>MINAM</p> | <p>S</p> <p>Laboratorio Estadística descriptiva</p> <p>D.S. 004-2017 MINAM (ECA del agua)</p> <p>Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos Superficiales del ANA</p> | <p>TIPO Descriptiva</p> <p>DISEÑO Descriptivo No experimental</p> <p>POBLACIÓN: Agua superficial del río Torata</p> <p>MUESTRA Punto-1 100 ml agua Punto-2 100 ml agua Punto-3 100 ml agua</p> <p>MÉTODO: Cuantitativo</p> |

Anexo 02: 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 03: 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 |
| Niquel | mg/L | 0,2 | | 1 |
| Plomo | mg/L | 0,05 | | 0,05 |
| Selenio | mg/L | 0,02 | | 0,05 |
| Zinc | mg/L | 2 | | 24 |

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para Agua. categoría 3

Anexo 04: Registro de Campo – Muestreo de Aguas

1. Información General

- Proyecto / Estudio: _____
- Código de muestra: _____
- Fecha: ____ / ____ / ____
- Hora: ____ : ____
- Responsable del muestreo: _____
- Institución / Empresa: _____

2. Ubicación del Punto de Muestreo

- Nombre del sitio: _____
- Coordenadas GPS: Lat. _____ Long. _____
- Altitud: _____ m.s.n.m.
- Tipo de cuerpo de agua: (río / lago / pozo / mar / otro)
- Condiciones de acceso: _____

3. Condiciones Ambientales

- **Clima:** soleado / nublado / lluvioso / otro
- **Temperatura ambiente:** _____ °C
- **Velocidad del viento:** _____ km/h
- **Observaciones:** _____

4. Detalles del Muestreo

- Tipo de muestra: (superficial / profundidad / compuesta)
- Profundidad de muestreo: _____ m
- Volumen recolectado: _____ L
- Número de réplicas: _____
- Conservación de la muestra: (refrigeración / preservación química / otro)
- Transporte: _____

5. Observaciones del Muestreador

Anexo 05: Resultados de laboratorio



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



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 00119-2026-A PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE : YASMINI LEIBI HUALLPA FLORES

DIRECCIÓN : AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES MZ P LT 9 MOQUEGUA, MARISCAL NIETO, MOQUEGUA

PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUPERFICIAL DE RIO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido transparente.

CODIFICACIÓN / MARCA : PM-1.

DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : 08/01/2026 11:15 Procedencia: -17.06348995, -70.80986537 - Moquegua Torata.

TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 100 mL aprox. para análisis FQ.

PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envase de polietileno cerrado etiquetado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.1°C.

CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)

CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA : Ninguna (por ser muestra única)

FECHA PRODUCCIÓN : No especificada

FECHA DE VENCIMIENTO : No especificada

CONTRATO N° : 0039-2026

FECHA DE RECEPCIÓN : 09/01/2026

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso. No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.

En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.

En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.

Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.

El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.

BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos percibibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.

El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.

La forma oficial de entrega y uso del Informe de Ensayos es: "Digital, en formato (PDF) con una Firma Electrónica Autorizada" (cualquier tipo de edición invalida el documento digital).

Se tiene la opción, de emitir el Informe de Ensayos de manera "Impresa/Física a partir del documento digital, visado con un Sello y Firma Manuscrita". (cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el documento impreso).

PRP-08-F-05-IE Versión: 05 Fecha de Emisión: 2025/05/07 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 1 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú

Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110

e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



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



Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 00119-2026-A
PÁGINA 2 DE 2

Metales Totales por ICP-MS

| LAB | DETERMINACIÓN | LD | LC | AGUA SUPERFICIAL DE RIO | | UNIDADES |
|-----|----------------|-----------|---------|-------------------------|----------|----------|
| | | | | PM-1. | | |
| FQ | Ag (Plata) | 0.00001 | 0.00006 | | <0.00006 | mg/L |
| FQ | Al (Aluminio) | 0.0003 | 0.01 | | 0.2046 | mg/L |
| FQ | As (Arsénico) | 0.000003 | 0.00002 | | 0.00516 | mg/L |
| FQ | B (Boro) | 0.0002 | 0.005 | | 0.162 | mg/L |
| FQ | Ba (Bario) | 0.00002 | 0.0004 | | 0.03091 | mg/L |
| FQ | Be (Berilio) | 0.000002 | 0.00002 | | 0.00003 | mg/L |
| FQ | Bi (Bismuto) | 0.000004 | 0.0002 | | <0.0002 | mg/L |
| FQ | Ca (Calcio) | 0.003 | 0.05 | | 19.57 | mg/L |
| FQ | Cd (Cadmio) | 0.000001 | 0.00001 | | 0.00001 | mg/L |
| FQ | Ce (Cerio) | 0.0000005 | 0.00002 | | 0.00040 | mg/L |
| FQ | Co (Cobalto) | 0.000001 | 0.00001 | | 0.00013 | mg/L |
| FQ | Cr (Cromo) | 0.000003 | 0.00005 | | 0.0002 | mg/L |
| FQ | Cs (Cesio) | 0.000001 | 0.00001 | | 0.00081 | mg/L |
| FQ | Cu (Cobre) | 0.00003 | 0.001 | | 0.003 | mg/L |
| FQ | Fe (Hierro) | 0.0002 | 0.01 | | 0.2539 | mg/L |
| FQ | Hg (Mercurio) | 0.00002 | 0.00008 | | 0.0002 | mg/L |
| FQ | K (Potasio) | 0.001 | 0.02 | | 3.45 | mg/L |
| FQ | Li (Litio) | 0.000004 | 0.0002 | | 0.0052 | mg/L |
| FQ | Mg (Magnesio) | 0.0004 | 0.02 | | 4.22 | mg/L |
| FQ | Mn (Manganeso) | 0.00001 | 0.0002 | | 0.0507 | mg/L |
| FQ | Mo (Molibdeno) | 0.000003 | 0.0001 | | 0.0014 | mg/L |
| FQ | Na (Sodio) | 0.001 | 0.02 | | 15.62 | mg/L |
| FQ | Ni (Niquel) | 0.00001 | 0.0001 | | 0.0003 | mg/L |
| FQ | P (Fosforo) | 0.001 | 0.02 | | 0.047 | mg/L |
| FQ | Pb (Plomo) | 0.00001 | 0.0002 | | 0.0003 | mg/L |
| FQ | Sb (Antimonio) | 0.000003 | 0.0001 | | 0.00017 | mg/L |
| FQ | Se (Selenio) | 0.00002 | 0.0002 | | 0.0006 | mg/L |
| FQ | Si (Silicio) | 0.008 | 0.1 | | 19.275 | mg/L |
| FQ | Sn (Estaño) | 0.00001 | 0.0002 | | <0.0002 | mg/L |
| FQ | Sr (Estroncio) | 0.00001 | 0.0004 | | 0.1278 | mg/L |
| FQ | Ti (Titanio) | 0.00004 | 0.0002 | | 0.0063 | mg/L |
| FQ | Tl (Talio) | 0.000001 | 0.00002 | | <0.00002 | mg/L |
| FQ | U (Uranio) | 0.000001 | 0.00002 | | 0.00039 | mg/L |
| FQ | V (Vanadio) | 0.00001 | 0.0004 | | 0.0038 | mg/L |
| FQ | Zn (Zinc) | 0.0002 | 0.006 | | 0.0104 | mg/L |

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Totales por ICP-MS : EPA METHOD 6020 B, Rev. 2, July 2014 (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 : FQ 09/01/2026 al 14/01/2026
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/01/2026



Contraseña: 6s4DdW



Firmado digitalmente por: Miguel Valdivia Martinez
Gerente Técnico - BHIOS LABORATORIOS S.R.L.
mvaldivia@bhioslabs.com
Av. Quiñones B-6 (2do piso) Urb. Magisterial II Etapa
Yanahuara
16/01/2026 17:43



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



INFORME DE ENSAYOS N° 00120-2026-A
PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE : YASMINI LEIBI HUALLPA FLORES
DIRECCIÓN : AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES MZ P LT 9 MOQUEGUA, MARISCAL NIETO, MOQUEGUA
PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUPERFICIAL DE RIO
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido transparente.
CODIFICACIÓN / MARCA : PM-2.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : 08/01/2026 11:53 Procedencia: UTM: 19K 306082 mE, 81126005 mN.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 100 mL aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envase de polietileno cerrado etiquetado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.1°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA : Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN : No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No especificada
CONTRATO N° : 0039-2026
FECHA DE RECEPCIÓN : 09/01/2026

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El 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 conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- La forma oficial de entrega y uso del Informe de Ensayos es: "Digital, en formato (PDF) con una Firma Electrónica Autorizada" (cualquier tipo de edición invalida el documento digital).
- Se tiene la opción, de emitir el Informe de Ensayos de manera "Impresa/Física a partir del documento digital, visado con un Sello y Firma Manuscrita". (cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el documento impreso).



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



Registro N° LE-058

INFORME DE ENSAYOS N° 00120-2026-A
PÁGINA 2 DE 2

Metales Totales por ICP-MS

| LAB | DETERMINACIÓN | LD | LC | AGUA SUPERFICIAL DE RIO PM-2. | UNIDADES |
|-----|----------------|-----------|---------|----------------------------------|----------|
| FQ | Ag (Plata) | 0.00001 | 0.00006 | <0.00006 | mg/L |
| FQ | Al (Aluminio) | 0.0003 | 0.01 | 0.1827 | mg/L |
| FQ | As (Arsénico) | 0.000003 | 0.00002 | <0.00000 | mg/L |
| FQ | B (Boro) | 0.0002 | 0.005 | 0.163 | mg/L |
| FQ | Ba (Bario) | 0.00002 | 0.0004 | 0.03237 | mg/L |
| FQ | Be (Berilio) | 0.000002 | 0.00002 | 0.00003 | mg/L |
| FQ | Bi (Bismuto) | 0.000004 | 0.0002 | <0.0002 | mg/L |
| FQ | Ca (Calcio) | 0.003 | 0.05 | 23.60 | mg/L |
| FQ | Cd (Cadmio) | 0.000001 | 0.00001 | <0.00001 | mg/L |
| FQ | Ce (Cerio) | 0.0000005 | 0.00002 | 0.00027 | mg/L |
| FQ | Co (Cobalto) | 0.000001 | 0.00001 | 0.00010 | mg/L |
| FQ | Cr (Cromo) | 0.000003 | 0.00005 | 0.0002 | mg/L |
| FQ | Cs (Cesio) | 0.000001 | 0.00001 | 0.00072 | mg/L |
| FQ | Cu (Cobre) | 0.00003 | 0.001 | 0.002 | mg/L |
| FQ | Fe (Hierro) | 0.0002 | 0.01 | 0.1996 | mg/L |
| FQ | Hg (Mercurio) | 0.00002 | 0.00008 | 0.0001 | mg/L |
| FQ | K (Potasio) | 0.001 | 0.02 | 3.17 | mg/L |
| FQ | Li (Litio) | 0.000004 | 0.0002 | 0.0093 | mg/L |
| FQ | Mg (Magnesio) | 0.0004 | 0.02 | 4.57 | mg/L |
| FQ | Mn (Manganeso) | 0.00001 | 0.0002 | 0.0388 | mg/L |
| FQ | Mo (Molibdeno) | 0.000003 | 0.0001 | 0.0011 | mg/L |
| FQ | Na (Sodio) | 0.001 | 0.02 | 17.13 | mg/L |
| FQ | Ni (Níquel) | 0.00001 | 0.0001 | 0.0002 | mg/L |
| FQ | P (Fosforo) | 0.001 | 0.02 | 0.030 | mg/L |
| FQ | Pb (Plomo) | 0.00001 | 0.0002 | 0.0003 | mg/L |
| FQ | Sb (Antimonio) | 0.000003 | 0.0001 | 0.00015 | mg/L |
| FQ | Se (Selenio) | 0.00002 | 0.0002 | 0.0005 | mg/L |
| FQ | Si (Silicio) | 0.008 | 0.1 | 19.879 | mg/L |
| FQ | Sn (Estaño) | 0.00001 | 0.0002 | <0.0002 | mg/L |
| FQ | Sr (Estroncio) | 0.00001 | 0.0004 | 0.1587 | mg/L |
| FQ | Ti (Titanio) | 0.00004 | 0.0002 | 0.0052 | mg/L |
| FQ | Tl (Talio) | 0.000001 | 0.00002 | <0.00002 | mg/L |
| FQ | U (Uranio) | 0.000001 | 0.00002 | 0.00045 | mg/L |
| FQ | V (Vanadio) | 0.00001 | 0.0004 | 0.0036 | mg/L |
| FQ | Zn (Zinc) | 0.0002 | 0.006 | 0.0108 | mg/L |

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

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

OBSERVACIONES :

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

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 09/01/2026 al 14/01/2026

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/01/2026



Contraseña: utUWFv



Firmado digitalmente por: Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico - BHIOS LABORATORIOS S.R.L.
mvaldivia@bhioslabs.com
Av. Quiñones B-6 (2do piso) Urb. Magisterial II Etapa
Yanahuara
16/01/2026 17:43

PRP-08-F-05-IE Versión: 05 Fecha de Emisión: 2025/05/07 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 2 de 2

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



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



INFORME DE ENSAYOS N° 00121-2026-A
PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE : YASMINI LEIBI HUALLPA FLORES
DIRECCIÓN : AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES MZ P LT 9 MOQUEGUA, MARISCAL NIETO, MOQUEGUA
PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUPERFICIAL DE RIO
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido transparente.
CODIFICACIÓN / MARCA : PM-3.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : 08/01/2026 12:39 Procedencia: UTM: 19K 304292 mE, 8111466 mN.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 100 mL aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envase de polietileno cerrado etiquetado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.1°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA : Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN : No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No especificada
CONTRATO N° : 0039-2026
FECHA DE RECEPCIÓN : 09/01/2026

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
El 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 conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
La forma oficial de entrega y uso del Informe de Ensayos es: "Digital, en formato (PDF) con una Firma Electrónica Autorizada" (cualquier tipo de edición invalida el documento digital).
Se tiene la opción, de emitir el Informe de Ensayos de manera "Impresa/Física a partir del documento digital, visado con un Sello y Firma Manuscrita". (cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el documento impreso).



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



Registro N° LE-088

INFORME DE ENSAYOS N° 00121-2026-A
PÁGINA 2 DE 2

Metales Totales por ICP-MS

| LAB | DETERMINACIÓN | LD | LC | AGUA SUPERFICIAL DE RIO | UNIDADES |
|-----|----------------|-----------|---------|-------------------------|----------|
| | | | | PM-3. | |
| FQ | Ag (Plata) | 0.00001 | 0.00006 | N.D. | mg/L |
| FQ | Al (Aluminio) | 0.0003 | 0.01 | 0.0384 | mg/L |
| FQ | As (Arsénico) | 0.000003 | 0.00002 | 0.01131 | mg/L |
| FQ | B (Boro) | 0.0002 | 0.005 | 0.285 | mg/L |
| FQ | Ba (Bario) | 0.00002 | 0.0004 | 0.05687 | mg/L |
| FQ | Be (Berilio) | 0.000002 | 0.00002 | <0.00002 | mg/L |
| FQ | Bi (Bismuto) | 0.000004 | 0.0002 | <0.0002 | mg/L |
| FQ | Ca (Calcio) | 0.003 | 0.05 | 61.92 | mg/L |
| FQ | Cd (Cadmio) | 0.000001 | 0.00001 | 0.00007 | mg/L |
| FQ | Ce (Cerio) | 0.0000005 | 0.00002 | 0.00005 | mg/L |
| FQ | Co (Cobalto) | 0.000001 | 0.00001 | 0.00004 | mg/L |
| FQ | Cr (Cromo) | 0.000003 | 0.00005 | 0.0008 | mg/L |
| FQ | Cs (Cesio) | 0.000001 | 0.00001 | 0.00169 | mg/L |
| FQ | Cu (Cobre) | 0.00003 | 0.001 | 0.001 | mg/L |
| FQ | Fe (Hierro) | 0.0002 | 0.01 | 0.0514 | mg/L |
| FQ | Hg (Mercurio) | 0.00002 | 0.00008 | 0.0001 | mg/L |
| FQ | K (Potasio) | 0.001 | 0.02 | 2.76 | mg/L |
| FQ | Li (Litio) | 0.000004 | 0.0002 | 0.0295 | mg/L |
| FQ | Mg (Magnesio) | 0.0004 | 0.02 | 6.49 | mg/L |
| FQ | Mn (Manganeso) | 0.00001 | 0.0002 | 0.0248 | mg/L |
| FQ | Mo (Molibdeno) | 0.000003 | 0.0001 | 0.0008 | mg/L |
| FQ | Na (Sodio) | 0.001 | 0.02 | 33.64 | mg/L |
| FQ | Ni (Niquel) | 0.00001 | 0.0001 | 0.0002 | mg/L |
| FQ | P (Fosforo) | 0.001 | 0.02 | 0.046 | mg/L |
| FQ | Pb (Plomo) | 0.00001 | 0.0002 | <0.0002 | mg/L |
| FQ | Sb (Antimonio) | 0.000003 | 0.0001 | 0.00018 | mg/L |
| FQ | Se (Selenio) | 0.00002 | 0.0002 | 0.0004 | mg/L |
| FQ | Si (Silicio) | 0.008 | 0.1 | 22.450 | mg/L |
| FQ | Sn (Estaño) | 0.00001 | 0.0002 | <0.0002 | mg/L |
| FQ | Sr (Estroncio) | 0.00001 | 0.0004 | 0.5237 | mg/L |
| FQ | Ti (Tañio) | 0.00004 | 0.0002 | 0.0005 | mg/L |
| FQ | Tl (Talio) | 0.000001 | 0.00002 | <0.00002 | mg/L |
| FQ | U (Uranio) | 0.000001 | 0.00002 | 0.00288 | mg/L |
| FQ | V (Vanadio) | 0.00001 | 0.0004 | 0.0059 | mg/L |
| FQ | Zn (Zinc) | 0.0002 | 0.006 | 0.0263 | mg/L |

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

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

OBSERVACIONES :

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

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 09/01/2026 al 14/01/2026

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/01/2026



Contraseña: yNLYQc



Firmado digitalmente por: Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico - BHIOS LABORATORIOS S.R.L.
mvaldivia@bhioslabs.com
Av. Quiñones B-6 (2do piso) Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara
Yanahuara
16/01/2026 17:43

PRP-08-F-05-IE Versión: 05 Fecha de Emisión: 2025/05/07 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 2 de 2
Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 06: Evidencias fotográficas de campo





Figura 09: Recojo de muestra punto de muestreo 1



Figura 10: Recojo de muestra punto de muestreo 2

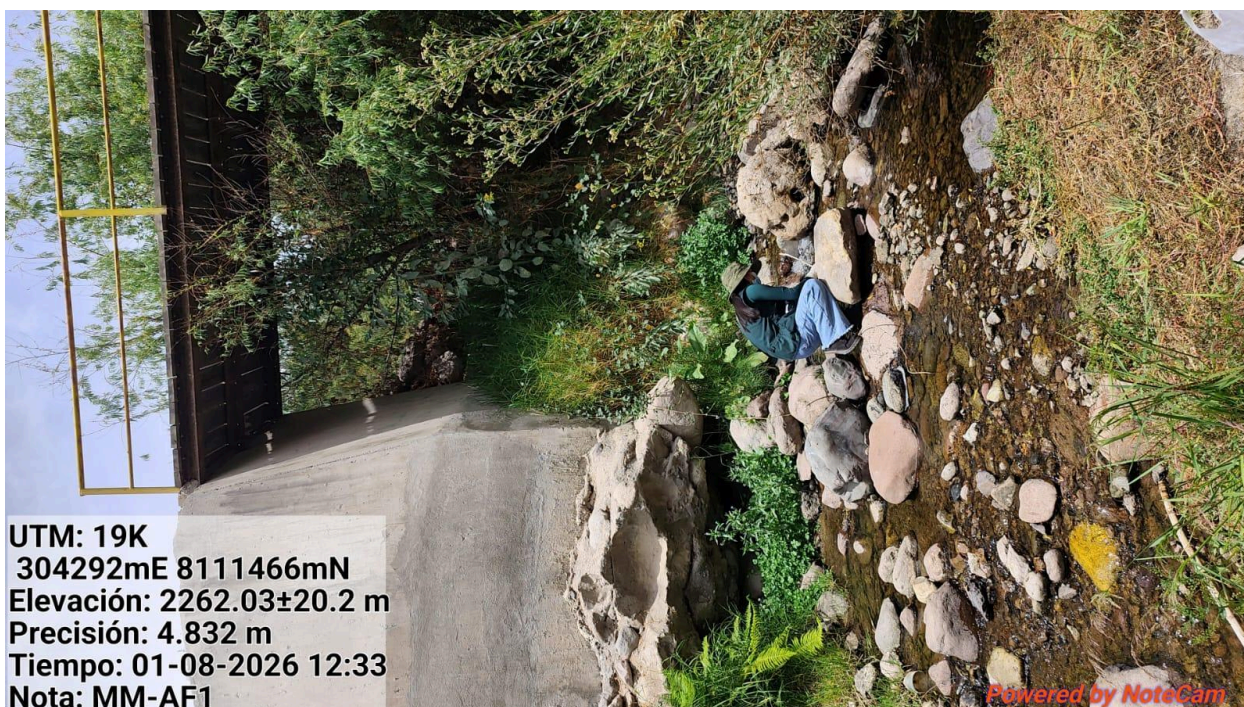


Figura 11: Recojo de muestra punto de muestreo 3



Figura 12: Conservación y transporte de muestras