

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE MERCURIO(Hg),  
CROMO(Cr) Y PLOMO(Pb) EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO COATA - PUNO**

**2024**

**PRESENTADA POR:**

**BRINDIZ KKAZZANDRA SUASACA BENAVENTE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2025**



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



# 14.87%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 28 MAY 2025, 4:04 PM

## Similarity report

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

● IDENTICAL  
3.8%

● CHANGED TEXT  
11.06%

## Report #26651137

BRINDIZ KKAZZANDRA SUASACA BENAVENTE // DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE MERCURIO(Hg), CROMO(Cr) Y PLOMO(Pb) EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO COATA - PUNO 2024 RESUMEN La contaminación del agua causada por metales pesados se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales, esto debido a que su alta toxicidad y la persistencia en el medio ambiente representa una amenaza. En base a lo descrito se tuvo como objetivo principal evaluar el grado de contaminación generado por la presencia de mercurio (Hg), cromo (Cr) y plomo (Pb) en la Cuenca Baja río Coata Puno, 2024, la metodología utilizada en la presente investigación fué de tipo descriptivo correlacional y diseño no experimental. Se determinó las concentraciones de metales pesados mercurio (Hg), cromo (Cr) y plomo (Pb) de la cuenca baja del río Coata, estos resultados fueron comparados con los ECA categoría 4 del D.S. N° 004-2017 MINAM. Se obtuvo una concentración de mercurio (Hg) de 0,0009 mg/L, cromo (Cr) de 0.004 mg/L y plomo (Pb) de 0,017 mg/L. Evaluando la concentración de estos metales en comparación a lo establecido en el D.S. N° 004-2017 MINAM encontramos que mercurio y plomo sobrepasan los ECA mientras que cromo se encuentra dentro del rango establecido. Se concluye que el grado de contaminación por Mercurio (Hg) y plomo(Pb) en la cuenca baja del río Coata- Puno es elevado mientras que cromo (Cr) está dentro de los

Yudy Roxana ALANIA LAQUI

Oficina de Repositorio Institucional

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

**DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE MERCURIO(Hg),  
CROMO(Cr) Y PLOMO(Pb) EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO COATA - PUNO  
2024**

**PRESENTADA POR:**

**BRINDIZ KKAZZANDRA SUASACA BENAVENTE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:   
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

PRIMER MIEMBRO

:   
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

SEGUNDO MIEMBRO

:   
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS

:   
Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería ambiental

Lineas de Investigacion: Ciencias Ambientales

Puno, 02 de junio del 2025.

## DEDICATORIA

A Dios, por brindarme salud y fuerzas necesarias para lograr mis objetivos.

A mis padres Félix Suasaca y Doris Benavente, cuya presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable, ejemplos de resiliencia y superación a quienes admiro profundamente por su fortaleza. A Ruben por su amor, apoyo y motivación para poder culminar este proyecto. Aunque el camino no siempre ha sido fácil, me siento orgullosa de haber alcanzado este logro, y espero que ellos se sientan orgullosos de mí también. Esta tesis es un testimonio de mi crecimiento y mi capacidad para superar obstáculos.

BRINDIZ KKAZZANDRA SUASACA BENAVENTE

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a la Universidad San Carlos por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios y desarrollar mi investigación en un ambiente académico de excelencia. Ha sido un lugar de crecimiento y aprendizaje para mí, estoy agradecida por la formación y experiencia que he obtenido.

A la Facultad de Ingenierías y a los docentes que por su apoyo y orientación durante mi carrera, y por proporcionarme los recursos y herramientas necesarios para llevar a cabo mi investigación.

A mis jurados y asesora, por su valiosa orientación y retroalimentación durante el proceso de investigación y elaboración de mi tesis. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para llevar a cabo mi investigación.

A mi amiga Deisy, por su apoyo emocional y motivación constante durante toda mi carrera universitaria. Su amistad y compañía han sido un gran alivio en momentos difíciles.

Finalmente agradezco al personal administrativo del Área de Investigación, por su gran apoyo para poder concretar mi proyecto.

BRINDIZ KKAZZANDRA SUASACA BENAVENTE

## ÍNDICE GENERAL

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

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>12</b>
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>14</b>
1.2.1. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL	14
1.2.2. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL	15
1.2.3. ANTECEDENTES A NIVEL LOCAL	16
<b>1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>18</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>19</b>
2.1.1. CALIDAD DE AGUA	19
2.1.2. METALES PESADOS	20
2.1.3. MERCURIO (HG)	21

2.1.4. CROMO (CR)	21
2.1.5. PLOMO(PB)	22
2.1.6. CONTAMINACIÓN HÍDRICA POR METALES PESADOS	23
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>24</b>
<b>2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>26</b>
2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	26
2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	26
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>27</b>
3.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA	27
3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	28
3.1.3. UBICACION GEOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO	29
<b>3.2. TAMAÑO DE MUESTRA</b>	<b>29</b>
<b>3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	<b>30</b>
3.3.1. MÉTODO	30
3.3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	32
<b>3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1. CONCENTRACIÓN DE MERCURIO (HG), EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO COATA PUNO, 2024, EN RELACIÓN CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA : D.S. 004-2017-MINAM</b>	<b>34</b>
4.1.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS	35
<b>4.2. CONCENTRACIONES DE CROMO (CR) Y PLOMO (PB), EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO COATA PUNO, COMPARADO CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA D.S. 004-2017-MINAM.</b>	<b>36</b>
4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS	38

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>39</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>40</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 01:</b> Coordenadas del punto de muestreo	30
<b>Tabla 02:</b> Operacionalización de Variables	33
<b>Tabla 03:</b> Concentración de mercurio	34
<b>Tabla 04:</b> Concentración de cromo y plomo	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Ubicación política de la cuenca del río Coata	28
<b>Figura 02:</b> Ubicación geográfica de la cuenca del río Coata	29
<b>Figura 03:</b> Ubicación georeferenciada del punto de muestreo	29
<b>Figura 04:</b> Concentración de Mercurio	35
<b>Figura 05:</b> Concentración de Cromo	37
<b>Figura 06:</b> Concentración de Plomo	38
<b>Figura 07:</b> Registro de datos	52
<b>Figura 08:</b> Recolección de muestra	52
<b>Figura 09:</b> Vista del lugar	53
<b>Figura 10:</b> Muestra recolectada	53

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia	45
<b>Anexo 02:</b> Resultados de la concentración de metales pesados	46
<b>Anexo 03:</b> ECA - Categoría 4 “Conservación del ambiente acuático”	51
<b>Anexo 04:</b> Panel fotográfico	52

## RESUMEN

La contaminación del agua causada por metales pesados se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales, esto debido a que su alta toxicidad y la persistencia en el medio ambiente representa una amenaza. En base a lo descrito se tuvo como objetivo principal evaluar el grado de contaminación generado por la presencia de mercurio (Hg), cromo (Cr) y plomo (Pb) en la Cuenca Baja río Coata Puno, 2024, la metodología utilizada en la presente investigación fué de tipo descriptivo correlacional y diseño no experimental. Se determinó las concentraciones de metales pesados mercurio (Hg), cromo (Cr) y plomo (Pb) de la cuenca baja del río Coata, estos resultados fueron comparados con los ECA categoría 4 del D.S. N° 004-2017 MINAM. Se obtuvo una concentración de mercurio (Hg) de 0,0009 mg/L, cromo (Cr) de 0.004 mg/L y plomo (Pb) de 0,017 mg/L. Evaluando la concentración de estos metales en comparación a lo establecido en el D.S. N° 004-2017 MINAM encontramos que mercurio y plomo sobrepasan los ECA mientras que cromo se encuentra dentro del rango establecido. Se concluye que el grado de contaminación por Mercurio (Hg) y plomo(Pb) en la cuenca baja del río Coata- Puno es elevado mientras que cromo (Cr) está dentro de los estándares de la normativa vigente.

**Palabras Claves:** Cromo, Cuenca baja, Mercurio, Metales pesados, Plomo.

## ABSTRACT

Water pollution caused by heavy metals has become one of the main environmental problems, due to their high toxicity and persistence in the environment, which represents a threat. Based on the above, the main objective was to evaluate the degree of contamination generated by the presence of mercury (Hg), chromium (Cr) and lead (Pb) in the Lower Coata River Basin, Puno, 2024. Methodology: This research is descriptive and correlational in nature and has a non-experimental design. Concentrations of the heavy metals mercury (Hg), chromium (Cr), and lead (Pb) were determined in the lower Coata River basin. These results were compared with those of category 4 ECAs of Supreme Decree N°. 004-2017 MINAM, we found that mercury and lead exceed the ECA while chromium is within the established range. It is concluded that the degree of contamination by Mercury (Hg) and lead (Pb) in the lower basin of the Coata-Puno River is high while chromium (Cr) is within the standards of current regulations.

**Keywords:** Chromium, Lower Basin, Mercury, Heavy Metals, Lead.

## INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los elementos más esenciales y abundantes de la Tierra. De hecho, nuestro planeta es conocido como el “planeta azul” debido a que aproximadamente el 70 % de su superficie está cubierta por agua, lo cual se aprecia desde el espacio. Sin embargo, la mayoría de esta agua (alrededor del 96.5 %) se encuentra en los océanos y no es apta para el consumo humano. Solo un pequeño porcentaje, el 3.5 %, es agua dulce. Además, gran parte de esta agua dulce, cerca del 70 %, está congelada en glaciares y polos, lo que la hace inaccesible para el uso inmediato (Falcón, 2021)

En tiempos recientes y en la actualidad, la contaminación del agua por metales pesados se ha convertido en uno de los retos ambientales más graves a nivel mundial. La alta toxicidad de estas sustancias representa un serio peligro, causa un impacto negativo considerable en los ecosistemas y en el medio ambiente. Esta problemática provoca la muerte de aproximadamente cinco millones de personas en todo el mundo debido al consumo de agua contaminada, situación que se vuelve aún más crítica en comunidades afectadas por la pobreza, la exclusión social y la marginación (Zambrano, 2024)

La presente investigación se estructura en cuatro capítulos. El Capítulo I abarca la descripción del problema de estudio, así como la formulación del problema general y específicos. También se incluyen los antecedentes a nivel internacional, nacional y local, además de los objetivos generales y específicos del estudio. En el Capítulo II se desarrolla el marco teórico, conceptual y normativo, junto con la presentación de las hipótesis general y específicas. El Capítulo III describe el enfoque metodológico utilizado en la investigación, detallando la zona de estudio, el tipo y diseño de investigación, la población y muestra, la metodología aplicada para alcanzar cada objetivo y los materiales y equipos empleados. Finalmente, el Capítulo IV expone los resultados obtenidos en relación con los objetivos propuestos, así como las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación ambiental se ha convertido en uno de los problemas más importantes del siglo XXI. El deterioro de la calidad del aire, los recursos hídricos y el suelo aumentó exponencialmente. El nivel de contaminación del agua se puede estimar en 2.000 millones de metros cúbicos al día. Uno de los problemas más relevantes del siglo XXI es la contaminación ambiental, teniendo un aumento exponencial en la pérdida de la calidad de suelos, agua y aire. Podemos estimar que cada día la tasa de contaminación del recurso hídrico es de 2.000 millones de metros cúbicos por día. La contaminación del agua por metales pesados causada por influencias antropogénicas y naturales tiene impactos drásticos en la seguridad alimentaria y la salud pública. Debido a su alta toxicidad, los efectos sobre la salud de la exposición prolongada o la bioacumulación de metales pesados son alarmantes. Muchos metales pesados no se pueden destruir y son una amenaza porque no se pueden degradar ni química ni biológicamente, es decir, no se pueden biodegradar, por lo que se pueden acumular a lo largo de la cadena alimentaria (Moreno et al., 2022)

En los últimos años se observa claramente en todo el territorio nacional un aumento significativo de la contaminación de los recursos hídricos e impactos directos en el medio ambiente, lo cual se debe a una deficiente gestión ambiental en la explotación de Minerales de empresas que no están comprometidas con el medio ambiente de poblaciones cercanas que se encuentren dentro del ámbito de influencia de esta

actividad, esto conduce a cambios en la calidad del agua, degradación y daños ambientales en la salud pública humana (Vilca, 2022)

La contaminación del agua con metales pesados en altas concentraciones, como: Pb, Fe, Cu, Zn, As, Cr, Cd, Mg y algunos reactivos químicos asociados a procesos tecnológicos provenientes de plantas de enriquecimiento, no es susceptible ni siquiera de una quimio-remediación ni de una bio-remediación en el corto plazo, lo que resulta en un grado alarmante de toxicidad para humanos y animales (Quispe, 2019)

En el departamento de Puno el vertimiento incontrolado y sin tratamiento de las aguas servidas de la ciudad de Juliaca al río Torococha, siendo este el principal afluente del río Coata, es posiblemente que sea la causa de su contaminación por metales tóxicos (Sucari et al., 2023)

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **Problema General**

¿Cuál es el grado de contaminación generado por la presencia de mercurio (Hg), cromo (Cr) y plomo (Pb) en la Cuenca Baja del río Coata Puno, 2024?

### **Problemas específicos**

- ¿Cuál es la concentración de Mercurio (Hg), en la Cuenca Baja río Coata Puno, 2024?
- ¿Cuál es la concentración de Cromo (Cr) y Plomo (Pb), en la Cuenca Baja río Coata Puno, 2024?

## 1.2. ANTECEDENTES

### 1.2.1. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL

Brito (2022), tuvo como objetivo evaluar la contaminación causada por metales pesados del río Cuchipamba, Provincia de Morona Santiago, mediante análisis fisicoquímicos del agua. En cada punto se obtuvieron datos de parámetros in situ y ex situ y se realizaron análisis de laboratorio de concentraciones de arsénico metálico, mercurio y plomo. Como resultado, en los meses de noviembre, diciembre y enero se detectaron en el río Cuchipamba niveles de plomo PM-04 superiores a la concentración de 0,001 mg/l establecida por la legislación vigente. Se determinó que se trataba de contaminación por metales pesados cuando los niveles de plomo eran altos, entre 0,004 y 0,0046 mg/l, posiblemente debido a la minería ilegal y la falta de tratamiento de aguas residuales; mientras que para mercurio detecta concentraciones desde 0,00014 mg/l.

Mancilla (2023), proponen en su investigación determinar la concentración de metales pesados (As, Cd, Cr, Hg, Pb y Zn) en agua y macroinvertebrados acuáticos, además Parámetros físicos y químicos (pH, CE y caudal) en subcuencas afluentes y canales principales. Este estudio se realizó con muestreos en tiempo de lluvias año 2015 y tiempo de sequía en 2016. En aguas superficiales, sólo el Hg y el Pb superan estos límites permisibles para aguas naturales (0.02 y 0.0015 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente) en 60% del sitio, en términos de concentraciones en macroinvertebrados seis son los metales excedieron los límites permitidos en el 65% de las ubicaciones por concentración de 0,33 a 7,07 mg kg<sup>-1</sup>, incluyendo Hg (7,07 mg kg<sup>-1</sup>) y metaloide As (5,19 mg kg<sup>-1</sup>) es el que tiene mayor concentración.

Zambrano (2024), realizó esta investigación con el objetivo de evaluar la presencia y concentraciones de metales pesados As, Cd, Hg y Pb en la microcuenca del río Jipijapa, se realizó la recolección de muestras. en tres puntos de las partes superior, media e inferior. Este estudio se basa en un método mixto, de campo y documental. Se encontró la presencia de arsénico en las primeras muestras de P2 en 0,0040 mg/l, en las segundas muestras se hallaron los valores de P1 0,0037 mg/l, P2 0,0411 mg/l y P3 0,0147 mg/l. El

cadmio fue de 0,00 mg/l, el mercurio de 0,0000 mg/l y el plomo de 0,0000 mg/l. Por lo tanto, los demás metales pesados examinados no estaban presentes. Estos resultados muestran que los valores hallados están dentro de los límites permisibles de la normativa ecuatoriana.

### **1.2.2. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL**

Vasquez (2022), determinó la “Contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022”, cuyo objetivo general fue determinar la concentración de metales pesados (As, Cd, Cr, Hg, Pb). Se utilizó la metodología tipo investigación básica, nivel descriptivo, método científico general con diseño no experimental transectal descriptivo, teniendo en cuenta 5 puntos de muestreo. Los resultados fueron los siguientes: arsénico (As) de 0,0051 a 0,0066 mg/l, cadmio (Cd) < 0,0004 mg/l, cromo (Cr) < 0,02 mg/l, mercurio (Hg) de < 0,001 mg/l y plomo. (Pb). ) de 0,0004 a 0,0048 mg/l. Conclusión: Las concentraciones de metales pesados como cadmio, cromo y mercurio superan los límites máximos para aguas de ECA categoría 4 – E2: ríos, con excepción de arsénico y plomo, que se encuentran dentro de los límites permitidos.

García (2020), tuvo como objetivo determinar la concentración de metales pesados en el agua potable de zonas rurales de Tumbes y su relación con su contenido en las aguas superficiales del río Tumbes. Para ello se tomaron muestras durante la época seca en puntos de captación de agua potable y en los hogares. Estas muestras fueron analizadas mediante espectroscopía de emisión atómica utilizando el método del grafito para determinar la concentración (MP), se analizó cadmio (Cd), cromo (Cr) y plomo (Pb), revelando que el río Tumbes tiene una alta concentración de (Pb). mientras que para él (Cd) y (Cr) son concentraciones menores, de igual manera las concentraciones de (MP) en el agua potable son más preocupantes para el Pb que para los otros dos elementos analizados.

Delgado & Zavala (2021), evaluaron la concentración de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en aguas destinadas al consumo humano en el departamento de Arequipa. Se

utilizó un método inductivo con investigación descriptiva, cualitativa, cuantitativa y transversal. Su diseño no es experimental. En la provincia de Arequipa los resultados fueron 0,0288 mg/l de arsénico, 0,0002 mg/l de cadmio, 0,0002 mg/l de mercurio y 0,005 mg/l de plomo. En la provincia de Caravelí mercurio 0,0699 mg/L. En la provincia de Castilla 0,0003 mg/L de arsénico, 0,00003 mg/L de cadmio, 0,0001 mg/L de plomo y 0,00005 mg/L de mercurio. En la provincia de Condesuyos 0,00128 mg/L de arsénico, 0,0001 mg/L de cadmio, 0,0005 mg/L de mercurio y 0,00035 mg/L de plomo. En la provincia de Islay 0,10534 mg/L de arsénico, 0,00081 mg/L de cadmio, 0,00006 mg/L de mercurio y 0,00714 mg/L de plomo. Se determinó que la mayoría de estos resultados superan los límites máximos permisibles que se establece en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA.

### **1.2.3. ANTECEDENTES A NIVEL LOCAL**

Vilca (2022), determinó la concentración de metales pesados Mercurio y Plomo en las aguas superficiales del río Lampa en el período 2021. Los resultados obtenidos se compararon con estándares de calidad ambiental de agua de clase 3. La metodología se utilizó para comparar los resultados obtenidos con los valores establecidos en los estándares de calidad ambiental, de los cuales se seleccionaron cinco puntos de monitoreo en laboratorio mediante el método de análisis de Metal pesado utilizando masa de plasma acoplada inductivamente. espectrometría Los resultados obtenidos fueron 0,0002 mg/l de mercurio y 0,0030 mg/l de plomo, lo que indica que los resultados obtenidos no superan los límites permitidos por la ECA para aguas clase 3 utilizadas para riego de hortalizas y bebida; animales La calidad del agua superficial del río Lampa actualmente no está contaminada.

León (2020), en su investigación realizada en el Centro Poblado de Huacani Pomata, determinó la calidad y aptitud según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para consumo humano, riego y bebida de animales, donde se recogieron cinco muestras de agua. El tipo de investigación es no experimental. El método se llevó a cabo mediante espectrometría de emisión con una fuente de ionización (ICP-OES). Los valores en

promedio son: arsénico 0.00232 mg/l, mercurio <0.00041, aluminio <0.029, boro <0.0053, bario 0.029026, berilio 0.000257, cadmio <0.00011, cobalto <0.000094, cromo <0.00039, cobre <0.002, hierro 0.4442, litio 0.00537, magnesio 3.4822, manganeso 0.046942, molibdeno <0.00038, níquel <0.00051, plomo <0.0026, antimonio 0.001488, selenio <0.002, zinc <0.0031. Estos resultados del análisis fisicoquímico, no superan los Estándares de Calidad Ambiental, tanto para consumo humano, riego y bebida de animales. En conclusión se afirma que la calidad de aguas del Centro Poblado de Huacani, es apta para consumo humano, riego y bebida de animales.

Espinoza (2022), analizó la presencia de metales pesados en suelos agrícolas de la subcuenca Llallimayo, departamento de Puno, en los meses de julio y noviembre de 2020 se evaluaron parámetros y se tomaron muestras aguas arriba y aguas abajo del río Chacapalca y se analizaron los parámetros físico-químicos: como potencial de hidrógeno (pH), temperatura (°C), electricidad conductividad (CE); Metales pesados; Coliformes totales y coliformes termotolerantes. El objetivo fue evaluar la calidad del agua en la subcuenca del río Llallimayo e identificar los factores contaminantes que se correlacionan con el ECA del agua del D.S. N° 004-2017-MINAM. Los parámetros inorgánicos indican que los valores altos de pH (9,7) y de CE (2674) superan los valores de ECA; Asimismo, los parámetros inorgánicos muestran que los elementos Al, As, Cd, Cu, Mn, Hg y Pb no son aptos para el riego de hortalizas, bebedero de animales y la calidad del agua. Se llegó a la conclusión que el vertido de aguas residuales mineras constituye una contaminación grave y conduce a la superación de los límites permisibles de Al, As, Cu, Fe, Mn y Zn en aguas de uso y consumo humano.

Cornejo (2023), determinó contaminación por metales tóxicos en sedimentos desde el río Coata hasta la desembocadura del lago Titicaca midiendo cinco sitios de muestreo dos veces al año utilizando una técnica de muestreo simple y analizando concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo. Para evaluar el grado de contaminación, este sedimento se comparó con los estándares de referencia TEL y SESS. Se obtuvieron concentraciones de sedimento (mg/kg) para As (0,80 a 14,90), Cd (0,10 a 0,70) y Hg

(0,004 a 0,30); que exceden los estándares de referencia TEL y SESS, y Cr (4.10-28.41) excede el estándar de referencia SESS. Los sedimentos del río Coata están cargados de metales tóxicos, los sedimentos del río Coata están cargados de metales tóxicos de origen litogénico y antropogénico.

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el grado de contaminación generado por la presencia de mercurio (Hg), cromo ( Cr) y plomo en la Cuenca Baja río Coata Puno, 2024.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la concentración de mercurio, en la Cuenca Baja río Coata Puno, 2024, en relación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D. S. 004-2017-MINAM.
- Analizar las concentraciones de cromo y plomo, en la Cuenca Baja río Coata Puno, comparado con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D. S. 004-2017-MINAM.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. CALIDAD DE AGUA

Para que el agua pueda ser utilizada en todos los aspectos de la vida humana, debe cumplir con ciertos requisitos de calidad, dependiendo de su finalidad y uso. En consecuencia, la calidad del agua para consumo humano, riego y uso recreativo no es la misma. Asimismo, la calidad del agua puede verse afectada por diversos motivos, tanto naturales como originados por actividades humanas.(Falcón, 2021)

Visto desde la perspectiva de la gestión de la calidad del agua, se puede decir que se utiliza para satisfacer las necesidades vitales deseadas. Por lo tanto, las características del agua para consumo humano, actividades recreativas y ecosistemas acuáticos deben cumplir con un cierto nivel de pureza, mientras que existen otras actividades como las industriales donde el nivel de calidad del agua es una regulación mínima.(Vilca Quispe, 2022)

##### 2.1.1.1. Usos del agua

La escasez de agua dulce para las necesidades humanas nos hace promover el uso adecuado de los recursos hídricos. Para ello, el estado adoptó disposiciones de la Ley de Recursos Hídricos, que reconocen tres usos del agua (Congreso de la República 2009)

##### a) Uso primario

Se refiere al uso inmediato y eficiente de manantiales naturales y cuerpos de agua públicos para satisfacer las necesidades básicas de las personas. Esto incluye agua para cocinar, consumo directo e higiene personal; y su uso en ceremonias culturales,

ceremonias religiosas y rituales.

b) Uso poblacional

Es la captación de agua de fuentes o redes públicas que han sido adecuadamente tratadas para satisfacer las necesidades humanas básicas: cocina e higiene personal. Esto se implementa a través de derechos de uso del agua otorgados por una autoridad nacional.

c) Uso productivo

Es el uso durante o antes de procesos industriales. Esto se hace a través de derechos de agua otorgados por La Autoridad Nacional.

### 2.1.2. METALES PESADOS

Según la tabla periódica, los metales pesados son aquellos elementos químicos de alta densidad (más de 4 g/cm<sup>3</sup>), masa y peso atómico que son superiores a 20, y son tóxicos en bajas concentraciones. Algunos de estos elementos incluyen aluminio (Al), berilio (Be), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), entre otros. Actualmente uno de los mayores problemas ambientales es la contaminación de las fuentes hídricas mundiales por metales pesados, debido al envenenamiento por metales pesados contenidos en el agua de los ríos, lo que se considera un grave problema para los seres humanos que viven en las ciudades que abastecen de agua a través de estos ríos (Pabón, 2020)

Afectan la calidad del agua y provienen de sectores industriales y mineros cercanos, que en muchos casos pueden ser significativos dependiendo de la cantidad de minerales procesados, los equipos utilizados, el tamaño de la planta y la eliminación de residuos que afectan al medio ambiente; además, debido a vertidos de zonas pobladas e incluso actividades militares, estos metales se unen químicamente a los sedimentos del fondo de la columna de agua, acumulándose y posteriormente siendo liberados, generando mayor toxicidad y mayor probabilidad y velocidad de ingestión por parte de organismos marinos (Calero, 2023)

### 2.1.3. MERCURIO (HG)

Es uno de los metales más utilizados en la vida cotidiana, se puede encontrar en diversos dispositivos que utilizamos a diario, como termómetros, lámparas fluorescentes y otros. La Organización Mundial de la Salud indica que la presencia de mercurio en la atmósfera es hasta 6 veces mayor que antes de la existencia de esta industria (Garcia & Zeta, 2020)

#### 2.1.3.1. Efectos en el Medio Ambiente

El metilmercurio se forma por la metilación de Hg inorgánico a través de la actividad bacteriana aeróbica y anaeróbica en los ecosistemas. El mercurio en todas sus formas puede cambiar como metilmercurio al ingresar al sistema acuático y puede bioacumularse y biomagnificarse en organismos vivos en ecosistemas o subsistemas acuáticos a través de la cadena alimentaria. (Turpo & Alccamari, s. f., 2021)

#### 2.1.3.2. Efectos en la Salud

La exposición a altos niveles se ha relacionado con enfermedades como la esclerosis lateral amiotrófica, la enfermedad de Parkinson y la enfermedad de Alzheimer, que causan daños permanentes al sistema nervioso. Los niños son más sensibles al mercurio que los adultos debido a sus vías metabólicas inmaduras y su bajo peso corporal. El mercurio y sus metabolitos, como el metilmercurio, pueden causar trastornos del desarrollo neurológico en los niños, como trastornos del aprendizaje y del lenguaje, déficit de atención y trastornos cognitivos y de conducta. (Torre, 2020)

### 2.1.4. CROMO (CR)

En condiciones naturales, el cromo suele encontrarse en su forma trivalente ( $\text{Cr}^{3+}$ ), mientras que las actividades humanas, como la minería y la industria, son responsables de la generación de cromo hexavalente ( $\text{Cr}^{6+}$ ). En cuerpos de agua naturales, la concentración de cromo es normalmente muy baja, pero debido a estas actividades antropogénicas, los niveles pueden incrementarse considerablemente, lo que convierte al cromo en un metal peligroso para la salud humana. (León, 2020)

#### 2.1.4.1. Efectos en el Medio Ambiente

En los ecosistemas acuáticos, el  $\text{Cr}^{6+}$  se presenta principalmente en forma soluble, que

puede ser lo suficientemente estable como para ser transportado por el agua. Sin embargo, éste finalmente se convierte en  $\text{Cr}^{3+}$  mediante la reducción de especies como sustancias orgánicas, sulfuro de hidrógeno, azufre, sulfuro de hierro, amonio y nitrito. Normalmente, esta forma trivalente no migra significativamente sino que precipita rápidamente y se adsorbe en partículas suspendidas y sedimentos del fondo. Se ha descubierto que se acumulan en muchas criaturas acuáticas, particularmente en los peces que se alimentan del fondo (Chávez , 2010)

#### 2.1.4.2. Efectos en la Salud

La exposición de cromo III a corto plazo puede llegar a causar irritación mecánica de los ojos y del tracto respiratorio y producir tos. Se conoce que el cromo (VI) causa varios efectos sobre la salud: cuando está presente como compuesto en productos para la piel, puede llegar a causar reacciones alérgicas como erupciones cutáneas; El cromo (VI) causa irritación nasal y sangrado cuando se inhala. Otros problemas de salud causados por el cromo (VI) incluyen: erupciones cutáneas, dolor de estómago y úlceras, dificultad para respirar, sistema inmunológico debilitado, daño renal y hepático, cambios en el material genético, cáncer de pulmón y muerte (Montoya, 2010)

#### 2.1.5. PLOMO(PB)

El plomo se encuentra naturalmente en la superficie terrestre, donde se extrae y procesa para diversos usos. El plomo no es biodegradable y persiste en el suelo, el aire y el agua. Las fuentes de contaminación por plomo son variadas; incluyen fundiciones, fábricas de baterías, algunas pinturas y cerámica vidriada a baja temperatura (Calsin, 2020)

##### 2.1.5.1. Efectos en el Medio Ambiente

Es un contaminante ambiental altamente tóxico liberado principalmente por actividades humanas como la industria, la minería y la fundición. (Méndez, 2009)

##### 2.1.5.2. Efectos en la Salud

El plomo es un metal tóxico cuyo uso generalizado ha provocado contaminación ambiental y problemas de salud en muchas partes del mundo. Es un agente tóxico acumulativo que afecta múltiples sistemas corporales, incluidos los sistemas

cardiovascular, neurológico, hematológico, digestivo y renal. Los niños son particularmente susceptibles a los efectos neurotóxicos del plomo, e incluso exposiciones relativamente pequeñas pueden causar daños neurológicos graves y, en algunos casos, irreversibles (OPS/OMS, 2020)

El plomo(Pb), ingresa al cuerpo a través del tracto respiratorio, la piel y el tracto gastrointestinal. Penetra a través de la placenta, la barrera hematoencefálica y la leche materna. El 75% del plomo absorbido se excreta por la orina. Afecta a varios sistemas de órganos, siendo los principales: El sistema hematopoyético, lo que clínicamente conduce a anemia por deficiencia. hierro; y el sistema nervioso central (SNC), afectando a numerosas proteínas estructurales, receptoras y enzimáticas(Rodríguez-Fuentes, s. f., 2019)

#### **2.1.6. CONTAMINACIÓN HÍDRICA POR METALES PESADOS**

La contaminación con metales en el agua y con materia orgánica en suspensión provoca una reducción de la cantidad de agua, provoca problemas con otros usuarios del agua y provoca graves daños a la calidad de vida de las personas y a la productividad del ecosistema. La mayor preocupación de la sociedad es la dinámica negativa de la producción minera, que afecta lagos, ríos y océanos.(Turpo & Alccamari, s. f., 2021)

#### **2.1.7. MARCO NORMATIVO**

- **Decreto supremo N°004-2017-MINAM** : Tiene como finalidad reunir las disposiciones establecidas en el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que regulan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Estas disposiciones se integran en el presente Decreto Supremo y su respectivo Anexo.
- **Resolución Jefatural N°010-2016-ANA**: El objetivo es unificar los criterios y procedimientos técnicos para evaluar la calidad de los recursos hídricos, abarcando aspectos como el diseño de redes de puntos de monitoreo, la frecuencia y el cronograma analítico, la medición de parámetros en campo, así como la recolección, preservación, almacenamiento y transporte de muestras de agua. Además, se busca

garantizar el aseguramiento de la calidad y la seguridad en el desarrollo de las actividades de monitoreo.

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

**Agua:** Es un recurso natural renovable, necesario para la vida, vulnerable y estratégico en relación con el desarrollo sostenible, la conservación de los sistemas y ciclos naturales que lo sustentan y la seguridad nacional.

**Agua cruda:** Se refiere al agua que se encuentra en el ambiente (superficial, subterránea, lluvia, lagos, ríos, etc) que no ha recibido ningún tratamiento ni modificación en su estado natural.

**Agua superficial:** Todas las aguas naturales expuestas a la atmósfera, incluidos ríos, lagos, embalses, estanques, arroyos, océanos, mares, estuarios y humedales.

**Bioacumulación:** La bioacumulación es el proceso mediante el cual los contaminantes se acumulan en el ambiente y en los tejidos de los organismos a través de diversas rutas de exposición, como el aire, el agua, el suelo, el sedimento y los alimentos. Este fenómeno resulta de la incorporación, distribución y eliminación de sustancias contaminantes, generando una concentración acumulada que puede tener impactos significativos en los ecosistemas y la salud de los seres vivos.

**Calidad del Agua:** Condición general que permite utilizar el agua para fines específicos. La calidad del agua está determinada por la hidrología, fisicoquímica y biología del cuerpo de agua al que pertenece.

**Concentración:** La concentración se refiere a la cantidad de una sustancia disuelta en otra sustancia, ya sea en suelo, agua, aire, alimentos, sangre u otros medios. Es la proporción de un producto químico presente en una cantidad específica de un medio determinado.

**Contaminación:** Dispersión de una sustancia química o mezcla de sustancias a un lugar no deseado (aire, agua, suelo) donde pueda tener un efecto nocivo para el medio ambiente o la salud.

**Contaminante:** Materiales, sustancias o energía que, cuando se liberan y/o se exponen

al medio ambiente, degradan su calidad original a niveles inaceptables para la salud y el bienestar humanos, representando una amenaza para los ecosistemas naturales.

**Cuenca:** Un área delimitada por un límite topográfico bien definido (cuerpo de agua). Es una zona geográfica donde por condiciones hidrológicas el agua se concentra en un lugar específico del que drena la cuenca. Dentro de ese límite topográfico, la cuenca contiene la totalidad del suelo, accidentes geográficos, vegetación y cultivos.

**Cuenca baja:** En la cuenca baja se deposita el material extraído de la parte alta en un cono de deyección. Se identifican recursos naturales como agua, suelo, flora, fauna, recursos ictiológicos y minerales. Además, se considera el factor antrópico que incluye actividades humanas como embalses de agua, canales de riego, residuos contaminantes, plantaciones forestales, cultivos y pastos cultivados.

**Estándar de Calidad Ambiental (ECA):** Se refiere al nivel o grado de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos; por ejemplo, químicos y biológicos en el aire, el agua o el suelo, para los cuales son unidades de medida aceptables. Además, este nivel de concentración no debe suponer en ningún caso una amenaza grave para la salud pública o el medio ambiente.

**Grado:** En términos generales, es el estado, valor o calidad que, en relación de mayor a menor, puede tener una cosa que puede ser buena o mala para un fin determinado.

**Metal Pesado:** Son elementos químicos que poseen un peso atómico elevado, muchos de estos metales son tóxicos para la salud y el ambiente cuando se encuentran en niveles elevados de concentración.

**Riesgo:** La probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda tener un efecto adverso sobre la salud humana, sobre los organismos que componen los ecosistemas o sobre la calidad del suelo y del agua, dependiendo de las características y cantidad que entre en contacto con los receptores.

**Toxicidad:** Propiedad de una sustancia, elemento o compuesto que daña la salud humana o mata a un organismo vivo. En general, se refiere a la dosis letal media (LD50) a la que morirá el 50% de los organismos en una población expuesta experimentalmente.

## **2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL**

- El grado de contaminación generado por la presencia de mercurio (Hg), cromo (Cr) y plomo (Pb) en la Cuenca Baja río Coata Puno, 2024 es alto comparado con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

### **2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- La concentración de mercurio, en la Cuenca Baja río Coata Puno, 2024 excede los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D. S. 004-2017-MINAM.
- Las concentraciones de cromo y plomo, en la Cuenca Baja río Coata Puno, exceden los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D. S. 004-2017-MINAM.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

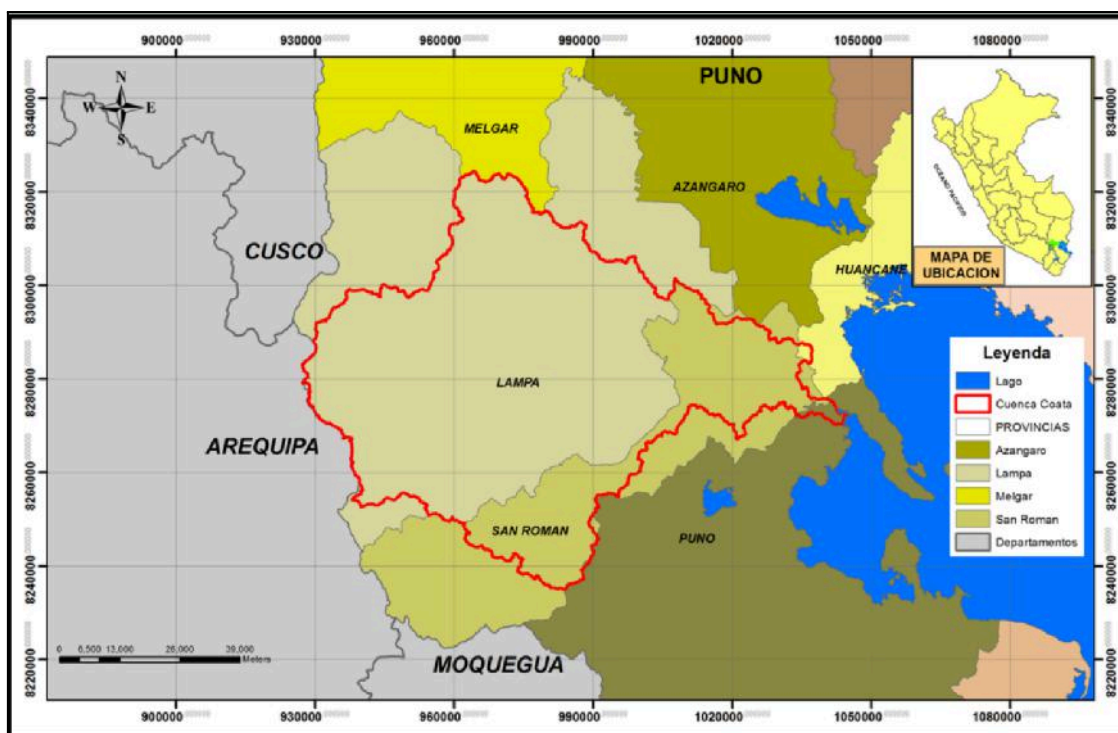
#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

La cuenca del río Coata se encuentra en la región de Puno, abarcando las provincias de San Román, Lampa, Puno y Huancané. En términos de superficie, el 24.30% pertenece a San Román, el 74.98% a Lampa, el 0.52% a Puno y el 0.20% a Huancané. Esta región es importante para la agricultura y la producción de cultivos.

##### 3.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA

El área de estudio se localiza en el sur del Perú y abarca territorios que pertenecen políticamente a la región de Puno. Dentro de esta región, se incluyen las provincias de Lampa, San Román y Puno. A nivel distrital, comprende los distritos de Vila Vila, Palca, Lampa, Cabanilla, Caracoto y Coata.

En este ámbito geográfico se encuentra ubicada la cuenca del río Coata, la cual se desarrolla a lo largo de las zonas mencionadas. Esta cuenca se extiende desde su nacimiento en las zonas altas de la región (tramo superior) hasta su desembocadura en el Lago Titicaca, uno de los cuerpos de agua más importantes de Sudamérica. La cuenca del río Coata representa un sistema hidrológico clave para las poblaciones locales, tanto por su importancia ambiental como por su papel en las actividades económicas y sociales de la región.

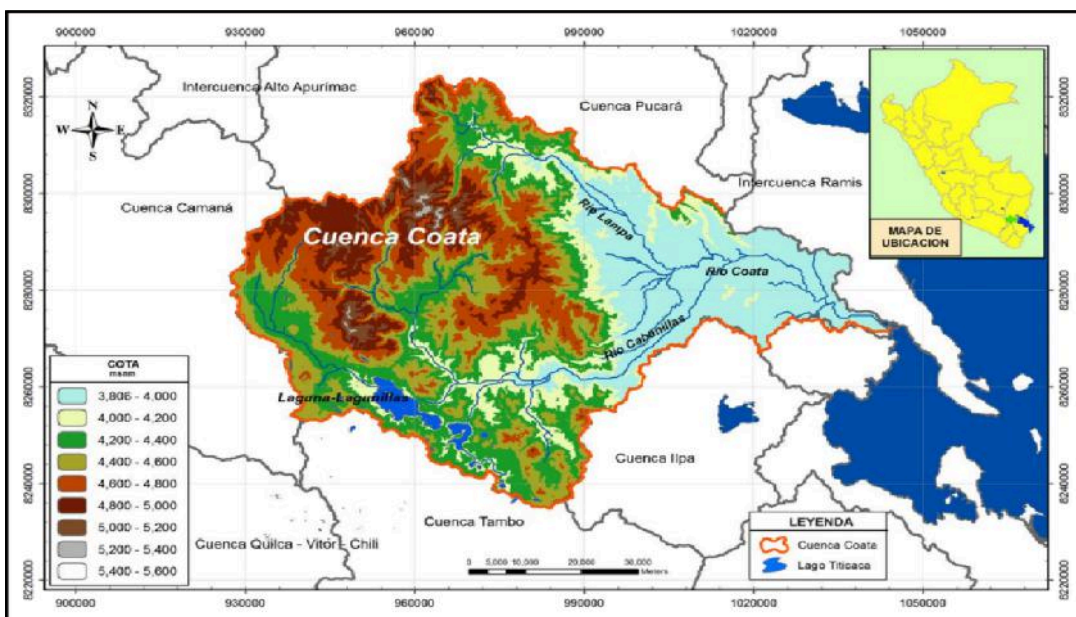


**Figura 01:** Ubicación política de la cuenca del río Coata

**Fuente:** SENAMHI 2014

### 3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La cuenca del río Coata ( $4951,6 \text{ Km}^2$ ), localizada en la región oeste del departamento de Puno, Perú. Esta cuenca forma parte del sistema hidrográfico del altiplano andino y constituye una unidad territorial de gran importancia ambiental, social y económica para la región. Con coordenadas geográficas extremas de: Latitud Sur  $15^{\circ}06'36''$  a  $15^{\circ}55'12''$  y Longitud Oeste  $69^{\circ}55'12''$  a  $71^{\circ}12'00''$ . Con una variación altitudinal de 3800 – 5600 msnm. Presentando límites hidrográficos: por el Norte con la Cuenca del río Pucará y la Intercuenca Ramis; por el Sur con la cuenca del río Tambo y la Cuenca del río Ilpa, al Este con el Lago Titicaca y al Oeste con la cuenca del río Chili y la Cuenca del río Camaná.



**Figura 02:** Ubicación geográfica de la cuenca del río Coata

Fuente: SENAMHI 2014

### 3.1.3. UBICACION GEOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO



**Figura 03:** Ubicación georeferenciada del punto de muestreo

Fuente: Google Earth Pro

### 3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

La población en este caso serán todas las áreas relevantes dentro de la cuenca baja del río Coata que podrían estar afectadas por la contaminación de mercurio, cromo y plomo.

Se tomará una muestra de las aguas superficiales del río Coata, esta se definirá usando métodos apropiados para seleccionar una muestra representativa de la población, como el muestreo aleatorio simple o el muestreo estratificado asegurándose de que la muestra sea representativa de las diferentes áreas y condiciones dentro de la cuenca del río Coata, teniendo en cuenta también la accesibilidad a la zona.

**Tabla 01:** Coordenadas del punto de muestreo

<b>Estacion de muestra</b>	<b>Posición S</b>	<b>Posición W</b>
M1	15°35'26"	69°54'46"

### 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

#### 3.3.1. MÉTODO

**Tipo de investigación:** Descriptivo correlacional

**Diseño de Investigación:** No experimental

Para el presente proyecto de investigación se utilizaron herramientas y procedimientos contemplados y basados dentro de la RESOLUCIÓN JEFATURAL N°010-2016-ANA "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales". El cual establece lineamientos recomendados para realizar el adecuado monitoreo de los recursos hídricos superficiales entre los que se prioriza el establecimiento del punto de muestreo, codificación del punto de muestreo, preparación de materiales, equipos e indumentaria, rotulado y etiquetado, procedimiento para la toma de muestras y preservación, llenado de cadena de custodia y transporte de la muestra. Los cuales fueron estrictamente y cuidadosamente ejecutados para de esta manera conseguir un resultado preciso.

##### 3.3.1.1. Objetivo específico 1:

- Para el cumplimiento del primer objetivo que es determinar la concentración de Mercurio de las aguas superficiales en la cuenca baja del río Coata, se contó con una ficha de registro de toma de muestra, luego se procedió a tomar una muestra de

la zona de estudio y posteriormente se envió para su análisis a un laboratorio acreditado "Laboratorios Analíticos del Sur".

Los resultados obtenidos fueron utilizados para comparar la concentración de Mercurio (Hg) con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de esta manera determinar si está por encima o debajo de la normativa establecida.

- ❖ La metodología utilizada por "Laboratorios Analíticos del Sur" para determinar la concentración de Mercurio en muestras de agua se basa en la norma EPA 200.7, que es la determinación de metales y oligoelementos en agua y desechos mediante espectrometría de emisión atómica con plasma que es acoplado inductivamente un método acreditado para la determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales mediante ICP-OE, con un enfoque específico en el Mercurio Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO), Hg .

#### 3.3.1.2. Objetivo específico 2:

- Para el cumplimiento del segundo objetivo que es determinar el nivel de concentración de Cromo (Cr) y Plomo (Pb) de las aguas superficiales en la cuenca baja del río Coata se utilizó una ficha de registro de toma de muestra, luego se procedió a tomar una muestra significativa de agua del punto de monitoreo en la zona de estudio que posteriormente fue enviado para su análisis en un laboratorio acreditado.

Estos resultados obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D. S. 004-2017-MINAM y de esta forma se pudo determinar el nivel de concentración de dichos metales en la cuenca baja del Río Coata y conocer si cumple con la normativa vigente.

La metodología aplicada por parte de "Laboratorios Analíticos del Sur", para determinar la concentración de Cromo y Plomo fue:

- ❖ EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) Cr, Pb.

### 3.3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Teniendo en cuenta la metodología para la toma de muestras establecida en el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”, aprobado mediante resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, y especificaciones para muestreo enviadas por parte de Laboratorios Analíticos del Sur, se procederá con la respectiva toma de muestra.

- Con el uso de EPP y siguiendo el protocolo para la toma de muestras, se recolectó una muestra de 500ml de agua en un frasco de polietileno.
- La muestra de agua recolectada, se colocará en un cooler con hielo para mantener la muestra de agua a una temperatura constante de -6 °C.
- Al recolectar la muestra, se enviará a “Laboratorios Analíticos del Sur” antes de las 48 horas según especificación del laboratorio, para el respectivo análisis de concentración de metales pesados presentes en la muestra de agua.

#### **Materiales y Equipos**

- Ficha de campo
- Fresco de polietileno
- Tablero de Madera A4
- Lapiceros
- Cooler
- Rotulador
- Guantes descartables
- Hielo
- GPS
- Camara fotografica
- Casco
- Zapatos de Seguridad

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 02: Operacionalización de Variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO	METODOLOGÍA
<b>V. D</b> Concentraciones de Mercurio (Hg), Cromo (Cr) y Plomo (Pb)	Concentración de Mercurio (Hg) Concentración de Cromo (Cr) Concentración de Plomo (Pb)	Identificación de áreas de mayor concentración de mercurio, cromo y plomo y posibles fuentes de contaminación asociadas. Correlación espacial entre las concentraciones de mercurio, cromo y plomo y factores geográficos, como la distancia a las fuentes de contaminación.	ug/l (microgramo / litro)	Espectrofotómetro. Cuaderno de campo. Equipo de muestreo	<b>Tipo de investigación:</b> Descriptivo correlacional  <b>Diseño de investigación:</b> No experimental  <b>Método:</b> Enfoque cuantitativo  <b>Diseño estadístico:</b> Análisis estadístico descriptivo analítico
<b>V. I</b> Calidad de Agua de la cuenca baja del Río Coata	ECAs D. S. 004-2017- MINAM	Valores de estándares de clasificación de aguas.	Categoría 4: Conservación del ambiente acuático E2: Ríos costa/ sierra - selva	Normativa ECAs D. S. 004-2017- MINAM	

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. CONCENTRACIÓN DE MERCURIO (HG), EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO COATA PUNO, 2024, EN RELACIÓN CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA : D.S. 004-2017-MINAM

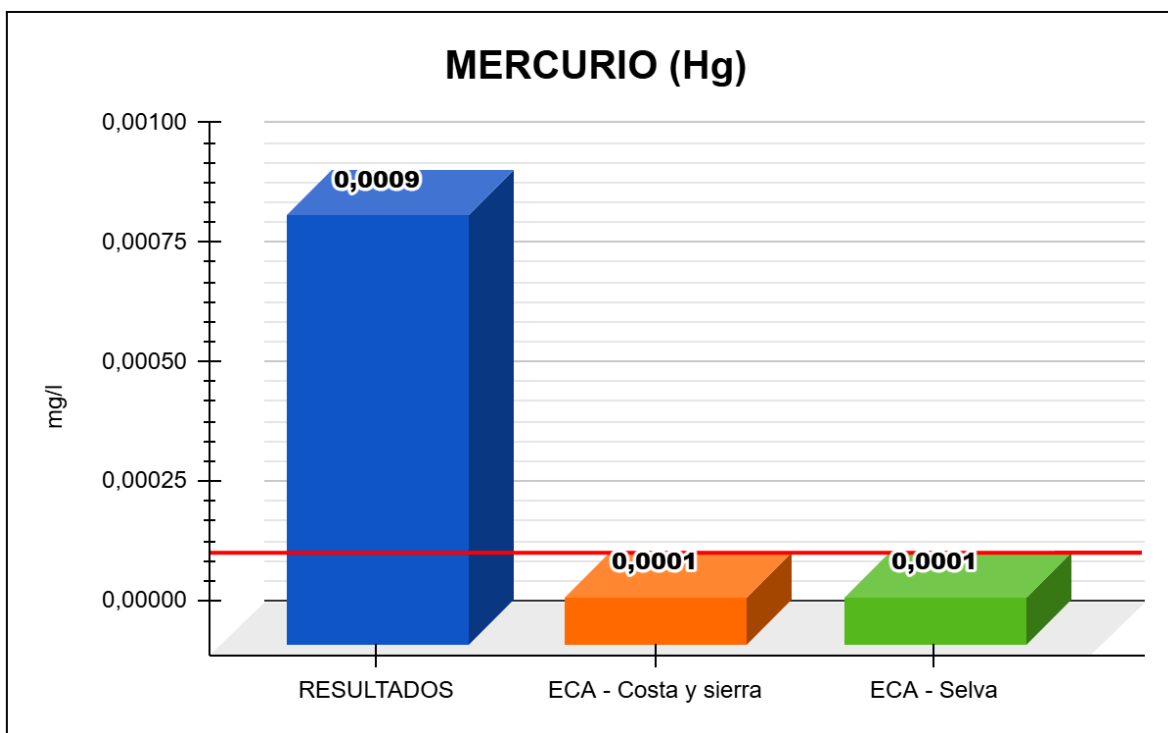
En la tabla 3, se muestra el resultado que se obtuvo en el análisis realizado por “Laboratorios Analíticos del Sur” de la concentración de Mercurio (Hg) siendo de 0,0009 mg/l en la cuenca baja del río Coata. Esta concentración obtenida según el anexo 4 excede ampliamente los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecido por el D.S. 004-2017 MINAM dentro de la categoría 4.

**Tabla 03:** Concentración de mercurio

Parámetro	Unidad de Medida	Resultados	ECA Categoría 4: Costa y Sierra	ECA Categoría 4: Selva
Mercurio (Hg)	mg/l	0,0009	0,0001	0,0001

La figura 4 muestra el grado de concentración de Mercurio en la cuenca baja del río Coata, en el cual se observa que la concentración es de 0,0009 mg/l, que según el anexo 4 ECAs de la categoría 4: conservación del ambiente acuático para ríos de costa- sierra y selva, sobrepasa notablemente. Estos resultados comparados con Vasquez (2022), en su estudio realizado en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, donde encontró resultados de 0.001 mg/l de mercurio (Hg) coinciden ya que supera los

ECAs categoría 4-E2: Ríos; así también Delgado & Zavala (2021), que evaluaron la concentración de mercurio en aguas destinadas al consumo humano en el departamento de Arequipa- caraveli, teniendo como resultado 0.0699 mg/l esta concentración también supera ampliamente lo establecido por la normativa vigente.



**Figura 04:** Concentración de Mercurio

#### 4.1.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS

##### Hipótesis planteada:

La concentración de mercurio, en la Cuenca Baja río Coata Puno, 2024 excede los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D. S. 004-2017-MINAM.

##### Análisis:

Según los resultados obtenidos y contrastando la hipótesis, para mercurio se ha obtenido una concentración que excede ampliamente los ECAs para agua : D. S. 004-2017-MINAM. Por lo tanto aceptamos la hipótesis.

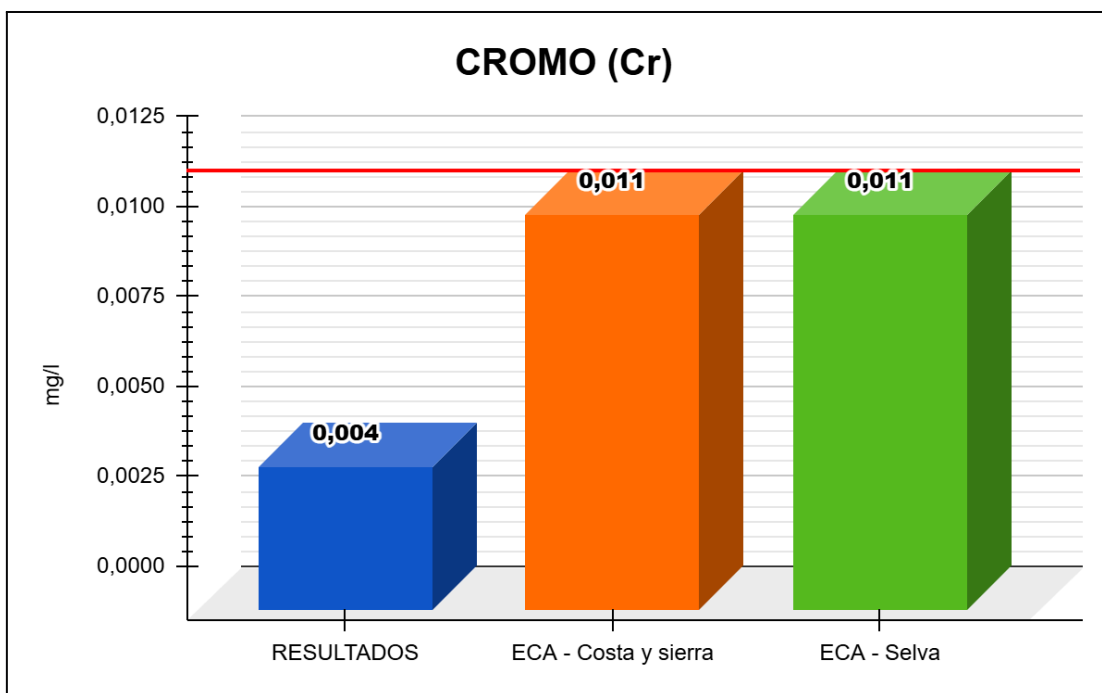
#### **4.2. CONCENTRACIONES DE CROMO (CR) Y PLOMO (PB), EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO COATA PUNO, COMPARADO CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA D.S. 004-2017-MINAM.**

La tabla 4 muestra la concentración de cromo (Cr) de 0.004 mg/l y plomo (Pb) con 0.017 mg/l en la cuenca baja del río Coata. Estudios realizados por Vasquez (2022), “Contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022” obtuvo resultados de cromo 0.02 mg/l que según el anexo 4 superan los ECA categoría 4 - E2: ríos y 0.004 a 0.0048 mg/l en plomo que no supera los ECA, comparando los resultados no coinciden debido a que la investigación se realizó en una zona de estudio diferente. Mientras que León (2020), en su investigación realizada en el Centro Poblado de Huacani Pomata, determinó la calidad y aptitud según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para consumo humano, riego y bebida de animales obtuvo como resultado de cromo  $< 0.00039$  y plomo  $< 0.0026$ ; el cual no supera los ECAs. Estos resultados no coinciden dado que el estudio se realizó en distintos lugares. En la investigación de Delgado & Zavala (2021) quienes evaluaron la concentración de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en aguas destinadas al consumo humano en el departamento de Arequipa; obtuvieron resultados de 0,005 mg/l de plomo en la provincia de Arequipa, 0,0001 mg/L de plomo en la provincia de Caravelí, 0,0001 mg/L de plomo en la provincia de Castilla y 0,00714 mg/L de plomo en la provincia de Islay. En este estudio se determinó que la mayoría de estos resultados también superan lo establecido por los ECA. Vilca (2022) determinó la concentración de metales pesados Mercurio y Plomo en las aguas superficiales del río Lampa en el período 2021 que obtuvo como resultado 0.0030 mg/l de plomo, Se evidencia que en comparación con los demás estudios se tiene resultados diferentes de concentración de metales pesados en las aguas superficiales ya que los estudios se realizaron en lugares diferentes.

**Tabla 04:** Concentración de cromo y plomo

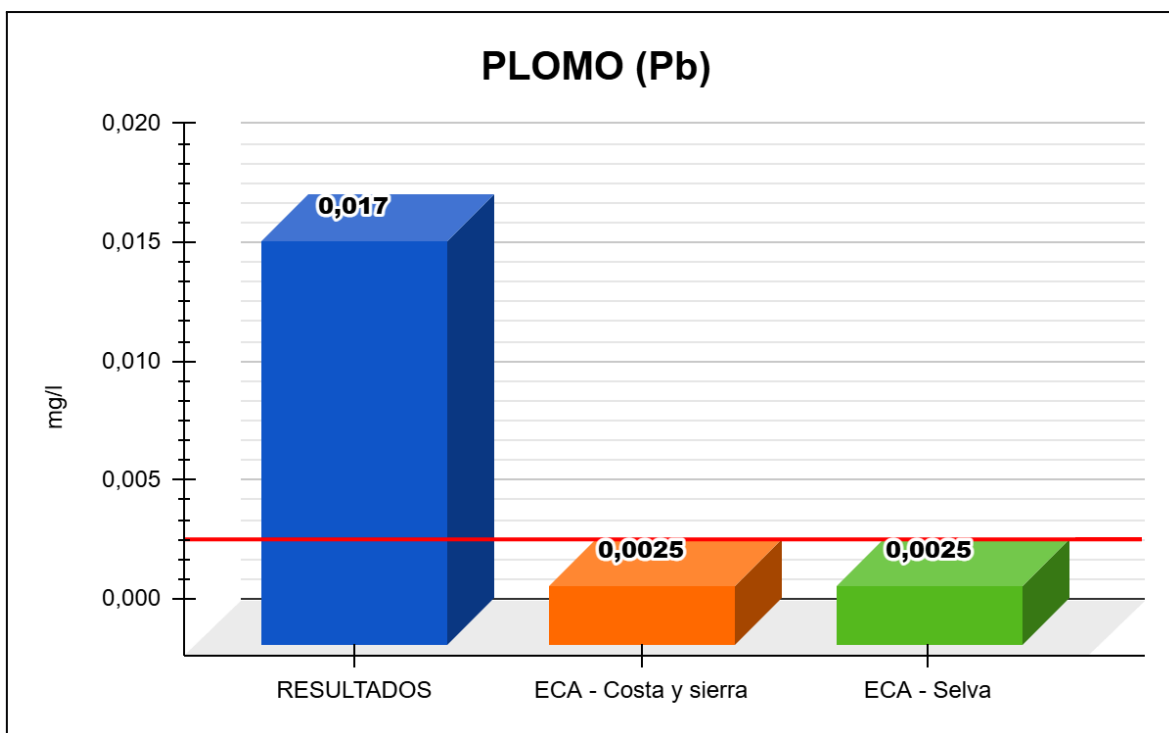
Parámetro	Unidad de Medida	Resultados	ECA Categoría 4: Costa y Sierra	ECA Categoría 4: Selva
Cromo (Cr)	mg/l	0.004	0.011	0,011
Plomo (Pb)	mg/l	0,017	0,0025	0,0025

La Figura 5 , muestra la concentración de cromo siendo esta de 0.004 mg/L; este resultado en comparación con los estándares de calidad ambiental de la categoría 4 que está establecido por el decreto supremo 004-2017-MINAM (Anexo 4), para costa-sierra y selva se encuentra dentro de lo establecido.



**Figura 05:** Concentración de Cromo

La figura 6, muestra la concentración de plomo donde se observa un resultado de 0,017 mg/L, este resultado comparado con los estándares de calidad ambiental de la categoría 4 que está establecido por el decreto supremo 004-2017-MINAM, para costa-sierra y selva (Anexo 4); la concentración de plomo sobrepasa lo establecido.



**Figura 06:** Concentración de Plomo

#### 4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS

##### Hipótesis planteada:

Las concentraciones de cromo y plomo, en la Cuenca Baja río Coata Puno, exceden los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D. S. 004-2017-MINAM

##### Análisis:

Según los resultados obtenidos y con la contrastación de la hipótesis, para cromo se encuentra dentro de los ECA mientras que para plomo su concentración excede los ECAs para agua D. S. 004-2017-MINAM.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Los niveles de contaminación registrados indican una presencia significativamente elevada de mercurio (Hg) y plomo (Pb), ambos metales pesados conocidos por su alta toxicidad y persistencia en el ambiente. Estos valores superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (Anexo 4), lo cual representa un riesgo potencial para la salud humana, la biodiversidad acuática y los usos productivos del recurso hídrico. En contraste, los niveles de cromo (Cr) detectados se encuentran dentro de los márgenes permitidos por la normativa vigente, lo que sugiere una menor preocupación ambiental, al menos en el periodo de evaluación considerado.

**SEGUNDA:** Se determinó que la concentración de mercurio (Hg) es de 0,0009 mg/L en la cuenca baja del río Coata-Puno, que sobrepasa ampliamente los estándares establecidos por el D.S 004– 2017 MINAM (Anexo 4) en tal sentido no se encuentra apto para la conservación del medio acuático.

**TERCERA:** La concentración de cromo (Cr) es de 0.004 mg/L el cual está dentro de los estándares de calidad ambiental de la costa- sierra y selva , mientras que plomo (Pb) tiene una concentración de 0,017 mg/L, este resultado comparado con los estándares de calidad ambiental de la categoría 4 que está establecido por el decreto supremo 004-2017-MINAM, para costa-sierra y selva (Anexo 4) sobrepasa lo establecido por lo tanto no se encuentra aceptable para la conservación del medio acuático.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** A futuras investigaciones incluir metales pesados tales como arsénico, cadmio, cobre, talio, selenio y plomo para tener más información respecto de las concentraciones en la cuenca baja del Río Coata Puno.

**SEGUNDA:** Del mismo modo considerar tomar muestra en diferentes zonas para poder ampliar la información y de esta manera hallar poblaciones que pudieran estar en riesgo debido a la presencia de metales pesados.

**TERCERA:** En base a los resultados obtenidos (Anexo 3), se recomienda a las autoridades distritales, provinciales y regionales un mayor compromiso para mejorar la calidad del agua implementando medidas de mitigación específicas para los elementos que superan los límites normativos, así como un monitoreo continuo para asegurar el cumplimiento de los estándares ambientales y la protección del ecosistema acuático.

## BIBLIOGRAFÍA

- Brito Tucto, M. A., Méndez Zambrano, P. V., Alvarado Barba, R. A., & Cazorla Vinueza, X. R. (2022). Evaluación de la contaminación por metales pesados del Río Cuchipamba, Morona Santiago. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 7(7 (JULIO 2022)), 1987-2013.
- Calero Huaman, B. S. (2023). *Evaluación del contenido de metales pesados en el agua superficial de desembocadura del río Chancay, Huaral, año 2021*. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7797>
- Calsin Choque, M. D. (2020). Evaluación de la concentración de cromo, cadmio y plomo en sedimentos superficiales en el río Apurímac de la provincia de Caylloma—Arequipa. *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3580046>
- Chávez Porras, Á. (2010). Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 9(17), 41-49.
- Delgado Rodriguez, T. M., & Zavala Sucuitana, P. C. (2021). Estudio de la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa. *Repositorio Institucional - UMA*. <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/417>
- Espinoza\_Rivas, G. R., Cárdenas\_Catalán, J. A., & Echegaray\_Peña, N. G. (2022). Presencia de metales pesados en suelos agrícolas de la subcuenca Llallimayo, departamento de Puno. *C&T Riqchary Revista de investigación en ciencias y tecnología*, 4(1), Article 1.
- Falcón, J. P. (with Poma, J. R. Q.). (2021). *Importancia del agua y los tratamientos biológicos para reducir la contaminación en los ríos por relaves mineros*. Fundação Universidade do Contestado.
- Garcia Martinez, L. A., & Zeta Castro, J. L. (2020). Evaluación del riesgo ambiental por presencia de mercurio generado por la actividad minera artesanal en el río

- Namballe, San Ignacio—Cajamarca. *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57428>
- García Peña, A. L. (2020). Concentración de metales pesados en el agua de consumo de las zonas rurales asentadas en la rivera de la marguen izquierda del rio Tumbes y su relación con la concentración de estos en el agua superficial del rio Tumbes. *Universidad Nacional de Tumbes*.  
<https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/2048>
- León Escobar, R. H. (2020). Grado de contaminación por metales pesados de las aguas del Centro Poblado de Huacani Pomata – 2020. *Universidad Privada San Carlos*.  
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3402242>
- Mancilla-Villa, O. R., Gómez-Villaseñor, L., Palomera-García, C., Hernández-Vargas, O., Guevara-Gutiérrez, R. D., Ortega-Escobar, H. M., Flores-Magdaleno, H., Can-Chulim, Á., Sánchez-Bernal, E. I., Avelar-Roblero, J. U., & Cruz-Crespo, E. (2023). Metales pesados en agua y macroinvertebrados de la cuenca del río Ayuquila-Armería (México) y sus afluentes. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 41. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1603>
- Méndez, J. P., Ramírez, C. A. G., Gutiérrez, A. D. R., & García, F. P. (2009). *CONTAMINACIÓN Y FITOTOXICIDAD EN PLANTAS POR METALES PESADOS PROVENIENTES DE SUELOS Y AGUA*.
- Montoya, N. P. M., Casas, P. A., & Wandurraga, C. C. (2010). *Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana*. 8(1).
- Moreno, L. G. N., Velasco, L. V., Cordero, A. R., & González, J. M. (2022). Contaminación y hongos: Resistencia a metales pesados. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 3(2), Article 2.  
<https://doi.org/10.56712/latam.v3i2.76>
- Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., Gallo, J. A., Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*,

14(27), 9-18. <https://doi.org/10.31908/19098367.0001>

Plomo—OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. (2020, octubre 26).

<https://www.paho.org/es/temas/plomo>

Quispe Yana, R. F., Belizario Quispe, G., Chui Betancur, H. N., Huaquisto Cáceres, S., Calatayud Mendoza, A. P., & Yábar Miranda, P. S. (2019). Concentración de metales pesados: Cromo, cadmio y plomo en los sedimentos superficiales en el río Coata, Perú. *Revista Boliviana de Química*, 36(2), 83-90.

Rodríguez-Fuentes, T. (s. f.). *Comportamiento del plomo sérico en niños expuestos de la ciudad de Camagüey*.

Sucari, W., Belizario-Quispe, G., & Cornejo-Puma, K. (2023). La contaminación por metales potencialmente tóxicos de sedimentos del río Coata, Puno, Perú. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 11(1-2), Article 1-2. <https://doi.org/10.22386/ca.v11i1-2.383>

Torre, M. E. M. de la, Estrada, C. A. R., Ramírez, D. R. de C., & Lozano, J. G. F. (2020). Efectos a la salud ante exposición de metales pesados en niños. *IBN SINA*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.48777/ibnsina.v11i2.850>

Turpo, K. H. M., & Alccamari, M. I. C. (s. f.). *Facultad de Ingeniería Ingeniería de Seguridad Industrial y Minera*.

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

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

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

## ANEXO

Anexo 01: Matriz de consistencia

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE MERCURIO(Hg), CROMO(Cr) Y PLOMO(Pb) EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO COATA PUNO 2024

Problema	Objetivo	Hipótesis	VARIABLES	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cuál es el grado de contaminación generado por la presencia de mercurio (Hg), cromo(Cr) y plomo(Pb) en la Cuenca Baja del río Coata Puno, 2024?	Evaluar el grado de contaminación generado por la presencia de mercurio (Hg), cromo (Cr) y plomo en la Cuenca Baja río Coata Puno, 2024	El grado de contaminación generado por la presencia de mercurio (Hg), cromo (Cr) y plomo(Pb) en la Cuenca Baja río Coata Puno, 2024 es altamente significativo.	<b>Variable Dependiente</b> Presencia de mercurio (Hg), cromo (Cr) y plomo (Pb)	Concentración de Mercurio (Hg) Concentración de Cromo (Cr) Concentración de Plomo (Pb)	Identificación de áreas de mayor concentración de mercurio, cromo y plomo y posibles fuentes de contaminación asociadas. Correlación espacial entre las concentraciones de mercurio, cromo y plomo y factores geográficos, como la distancia a las fuentes de contaminación.	<b>Tipo investigación:</b> Descriptivo correlacional  <b>Diseño de investigación:</b> No experimental  <b>Método:</b> Enfoque cuantitativo
<b>Problemas Específicos</b>  ¿Cuál es la concentración de mercurio, en la Cuenca Baja río Coata Puno, 2024?  ¿Cuál es la concentración de cromo y plomo, en la Cuenca Baja río Coata Puno, 2024?	<b>Objetivos Específicos</b>  Determinar la concentración de mercurio, en la Cuenca Baja río Coata Puno, 2024, en relación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D. S. 004-2017-MINAM  Analizar las concentraciones de cromo y plomo, en la Cuenca Baja río Coata Puno, comparado con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D. S. 004-2017-MINAM.	<b>Hipotesis Específicas</b>  H1: La concentración de mercurio, en la Cuenca Baja río Coata Puno, 2024 excede ampliamente los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D. S. 004-2017-MINAM  H2: Las concentraciones de cromo y plomo, en la Cuenca Baja río Coata Puno, exceden los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D. S. 004-2017-MINAM	<b>Variable Independiente</b> Calidad de Agua en la en la Cuenca Baja río Coata	ECAs D. S. 004-2017-MINAM	Valores de estándares de clasificación de aguas.	<b>Diseño estadístico:</b> Análisis estadístico descriptivo analítico  <b>Instrumentos:</b> Espectrofotómetro Cuaderno de campo Equipo de muestreo Normativa - ECAs D. S. 004-2017-MINAM

## Anexo 02: Resultados de la concentración de metales pesados



Laboratorios Analíticos del Sur

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN  
DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050**



Registro N° LC - 050

Clave generada : 752B2F8

### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-24-00228

Fecha de emisión: 31/7/2024

Página 1 de 5

**Señores** : BRINDIZ KKAZZANDRA SUASACA BENAVENTE  
**Dirección** : JR. BOLOGNESI 652 - PUNO  
**Atención** : DEISY LUZBELIA NUÑEZ ACROTA  
**Proyecto** : EVALUACION DE CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS - COATA 2024

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

**Muestreo realizado por** : Cliente : BRINDIZ KKAZZANDRA SUASACA BENAVENTE / DEISY LUZBELIA NUÑEZ ACROTA **Fecha de recepción** : 22/7/2024  
**Registro de muestreo** : Cadena de custodia N°: 146-24 **Fecha de ensayo** : 22/7/2024  
**Plan de muestreo** : Muestreado por el cliente **Nro de muestras** : 1  
**Procedimiento Aplicado** : Muestreado por el cliente

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG24000432	PUNTO DE MUESTREO C1	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	COATA / PUNO	UTM 403392.336E ; 8274123.572N ; 19L	18/7/2024	8:00
<b>Condiciones de recepción de la muestra</b>						
Cooler refrigerado						
<b>Observación</b>						
-						

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.S. Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA, PE, 31/7/2024 11:42:50

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

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

\*\*<Valor numérico">=Limite de detección del método, ">=Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)



Validar el informe  
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN  
DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050**



Registro N° LC - 050

Clave generada : 752B2F8

**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-24-00228**

Fecha de emisión: 31/7/2024

Página 2 de 5

**RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO**

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802													
		As	Hg	Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K
AG24000432	PUNTO DE MUESTREO C1	0,027	≤0,0009	≤0,005	0,503	1,22	0,087	≤0,006	69,8	≤0,002	≤0,005	≤0,004	0,015	0,700	16,1

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802														
		Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	SiO <sub>2</sub>	Sn	Sr	Ti	Tl
AG24000432	PUNTO DE MUESTREO C1	0,283	31,4	0,366	≤0,005	>50,0	≤0,005	0,350	0,017	≤0,01	≤0,02	1,74	≤0,008	1,32	≤0,02	≤0,01

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802	
		V	Zn
AG24000432	PUNTO DE MUESTREO C1	0,019	≤0,05

Firmado por: JUÁREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico CIP 114426. Emisor de certificado: LLAMA, PE. 31/7/2024 11:42:50

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL – DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

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

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, ">Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el Informe  
vía web



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN  
DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050**

Laboratorios Analíticos del Sur



**INACAL**  
DA - Perú  
Laboratorio de Calibración  
Acreditado

Registro N° LC - 050

Clave generada : 752B2F8

**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-24-00228**

Fecha de emisión: 31/7/2024

Página 3 de 5

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS**

Código	Título	Rango de método analítico
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - As	↳ 0.005 - 25] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Hg	↳ 0.0009 - 10] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Ag	↳ 0.0024 - 10] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Al	↳ 0.029 - 250] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - B	↳ 0.0053 - 200] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Ba	↳ 0.00066 - 100] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Be	↳ 0.000079 - 25] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Ca	↳ 0.016 - 250] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Cd	↳ 0.00011 - 50] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Co	↳ 0.00009 - 100] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Cr	↳ 0.00039 - 100] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Cu	↳ 0.002 - 100] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Fe	↳ 0.016 - 200] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - K	↳ 0.036 - 250] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Li	↳ 0.00021 - 10] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Mg	↳ 0.0051 - 250] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Mn	↳ 0.0003 - 100] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Mo	↳ 0.00038 - 100] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Na	↳ 0.053 - 250] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Ni	↳ 0.00051 - 100] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - P	↳ 0.0054 - 50] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Pb	↳ 0.005 - 100] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Sb	↳ 0.00049 - 200] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Se	↳ 0.002 - 100] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - SiO <sub>2</sub>	[0.0005 - 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Sn	↳ 0.00085 - 100] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Sr	↳ 0.0013 - 25] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Ti	↳ 0.00068 - 50] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Tl	↳ 0.0013 - 100] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - V	↳ 0.00014 - 100] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - Zn	↳ 0.0031 - 50] mg/L

<sup>a</sup> : Límite de detección

<sup>b</sup> : Límite de cuantificación

Fin del informe

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

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

"a<Valor numérico">=Límite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú. (054)443294 - (054)444582.

Validar el informe  
vía web





**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN  
DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050**

Laboratorios Analíticos del Sur



Registro N°LC - 050

Página 4 de 5

**Declaración de evaluación de la conformidad LAS01-AG-AC-24-00228  
según JCGM 106:2012**

Fecha de emisión: 31/7/2024

Norma : Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. 004-2017-MINAM CATEGORIA 4 Conservación del ambiente acuático E2: RIOS COSTA Y SIERRA.

Cod.Interno : AG24000432		Nom.Muestra : PUNTO DE MUESTREO C1				
Método	Unidad Medida	Resultado	Incertidumbre k=2; 95% confiable	Especificación	Evaluación de la conformidad	
<b>INORGANICO</b>						
796	Arsénico	0,02700	0,00054	≤0,15	100.00%	ACEPTADO
800	Mercurio	b<0,0009	N.A.	≤0,0001	N.A.	ACEPTADO
802	Antimonio	b<0,01	N.A.	≤0,64	N.A.	ACEPTADO
802	Niquel	b<0,005	N.A.	≤0,052	N.A.	ACEPTADO
802	Talio	b<0,01	N.A.	≤0,0008	N.A.	ACEPTADO
802	Bario	0,0870	0,0023	≤0,7	100.00%	ACEPTADO
802	Cobre	0,01500	0,00043	≤0,1	100.00%	ACEPTADO
802	Selenio	b<0,02	N.A.	≤0,005	N.A.	ACEPTADO
802	Plomo	0,01700	0,00071	≤0,0025	0.00%	RECHAZADO
802	Zinc	b<0,05	N.A.	≤0,12	N.A.	ACEPTADO
802	Cadmio	b<0,002	N.A.	≤0,00025	N.A.	ACEPTADO

N.A. : No Aplica

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA.PE., 31/7/2024 11:42:50

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

"<Valor numérico"=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico"=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.





Laboratorios Analíticos del Sur

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN  
DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050**



Registro N° LC - 050

Página 5 de 5

**Declaración de evaluación de la conformidad LAS01-AG-AC-24-00228  
según JCGM 106:2012**

Fecha de emisión: 31/7/2024

Norma : Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. 004-2017-MINAM CATEGORIA 4 Conservación del ambiente acuático E2 RIOS: SELVA.

Cod.Interno : AG24000432		Nom.Muestra : PUNTO DE MUESTREO C1					
Método	Unidad Medida	Resultado	Incertidumbre k=2; 95% confiable	Especificación	Evaluación de la conformidad		
<b>INORGANICO</b>							
796	Arsénico	mg/L	0,02700	0,00054	≤0,15	100.00%	ACEPTADO
800	Mercurio	mg/L	b<0,0009	N.A.	≤0,0001	N.A.	ACEPTADO
802	Selenio	mg/L	b<0,02	N.A.	≤0,005	N.A.	ACEPTADO
802	Plomo	mg/L	0,01700	0,00071	≤0,0025	0.00%	RECHAZADO
802	Zinc	mg/L	b<0,05	N.A.	≤0,12	N.A.	ACEPTADO
802	Niquel	mg/L	b<0,005	N.A.	≤0,052	N.A.	ACEPTADO
802	Talio	mg/L	b<0,01	N.A.	≤0,0008	N.A.	ACEPTADO
802	Antimonio	mg/L	b<0,01	N.A.	≤0,64	N.A.	ACEPTADO
802	Bario	mg/L	0,0870	0,0023	≤1	100.00%	ACEPTADO
802	Cobre	mg/L	0,01500	0,00043	≤0,1	100.00%	ACEPTADO

N.A. : No Aplica

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado, LLAMA.PE. 31/7/2024 11:42:50

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

">Valor numérico"=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico"=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe  
vía web

**Anexo 03: ECA - Categoría 4 "Conservación del ambiente acuático"**
**CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO**

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RÍOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amónico	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					delta 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5		6,8-8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25-100	30,00
<b>INORGÁNICOS</b>						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	---
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	---
Clorofila A	mg/L	10	---	---	---	---
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	Ausente				Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28
<b>INORGÁNICOS</b>						
Nitrógeno Total	mg/L	1,6	1,6		---	---
Niquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081
Silicatos	mg/L	---	---	---	---	0,14-0,7
Sulfuro de Hidrógeno ( H2S indisoluble)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,081
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>						
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	1 000	2 000		1 000	≤30
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	2 000	3 000		2 000	

#### Anexo 04: Panel fotográfico



Figura 07: Registro de datos



Figura 08: Recolección de muestra



**Figura 09:** Vista del lugar



**Figura 10:** Muestra recolectada