



# **Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**

**Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica**

**Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica**

**Contaminación de metales pesados y derrame del relave minero en el Rio Santa  
generados por la Minería, Ticapampa – Ancash**

**Tesis**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico**

**Autores**

**Grower Clodoaldo Caballero Negreiros**

**Fredy Miguel Valentin Retuerto**

**Asesor**

**Dr. Juan Manuel Ipanaque Roña**

  
**JUAN M. IPANAQUE ROÑA**  
**ING. METALURGISTA**  
**N.º CP 64303**

**Huacho - Perú**

**2026**



**Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Reconocimiento:** Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia



# UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Indicar nombre de la Facultad/Escuela o Escuela de Posgrado

## METADATOS

<b>DATOS DEL AUTOR (ES):</b>		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>DNI</b>	<b>FECHA DE SUSTENTACIÓN</b>
Caballero Negreiros, Grower Clodoaldo	46724464	27/03/2026
Valentin Retuerto, Fredy Miguel	73540731	27/03/2026
<b>DATOS DEL ASESOR:</b>		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>DNI</b>	<b>CÓDIGO ORCID</b>
Ipanaque Roña, Juan Manuel	32952515	<a href="https://orcid.org/0000-0003-2695-9802">https://orcid.org/0000-0003-2695-9802</a>
<b>DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:</b>		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>DNI</b>	<b>CÓDIGO ORCID</b>
Galvez Torres, Edwin Guillermo	15592688	<a href="https://orcid.org/0000-0002-7421-4453">https://orcid.org/0000-0002-7421-4453</a>
Abarca Rodriguez, Joaquin Jose	15740291	<a href="https://orcid.org/0000-0003-1004-3824">https://orcid.org/0000-0003-1004-3824</a>
Castro Bartolome, Hector Jorge	15601765	<a href="https://orcid.org/0000-0002-2941-2565">https://orcid.org/0000-0002-2941-2565</a>

# Caballero Negreiros 2025- 098035 Valentin Retuerto...

## Contaminación de metales pesados y derrame del relave minero en el Rio Santa generados por la Minería, Ticapampa –...

Quick Submit

Quick Submit

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3450539187

Fecha de entrega

24 dic 2025, 11:53 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

24 dic 2025, 11:58 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS-Caballero-Valentin\_23-12-2025.docx

Tamaño del archivo

3.1 MB

59 páginas

9099 palabras

52.591 caracteres

## 12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

### Fuentes principales

11%  Fuentes de Internet

4%  Publicaciones

7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

### **Dedicatoria**

Dedico esta investigación a mis padres, abuelos y hermanos, que fueron los pilares que me guiaron y encaminaron con sus consejos y orientaciones, sin ellos este proyecto de tesis no pudiera ser realidad.

Grower

**Dedicatoria**

Investigación, va dedicado a Dios, que ha hecho posible todo, sin el nada sería posible, también a mis Padres han estado conmigo apoyándome en todo momento y siempre han confiado en mis capacidades.

Fredy Miguel.

### **Agradecimientos**

En primer lugar agradecemos a Dios por darnos la vida, y a nuestros padres por confiar en nuestra capacidad para desarrollar este proyecto, y por último nuestros docentes ya que sus enseñanzas fueron cruciales para el desarrollo de la tesis

## Índice general

Dedicatoria.....	vi
Agradecimientos.....	vii
Índice general .....	viii
Índice de figura.....	xi
Índice de tabla .....	xii
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
Introducción.....	xv
<b>Capítulo I. Planteamiento de problema .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1. Descripción de realidad problemática.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2. Formulación del problema.....</b>	<b>18</b>
<i>1.2.1. Problema General. ....</i>	<i>18</i>
<i>1.2.2. Problema Específico.....</i>	<i>18</i>
<b>1.3. Objetivos de la investigación.....</b>	<b>19</b>
<i>1.3.1. Objetivos Generales.....</i>	<i>19</i>
<i>1.3.2. Objetivos Específicos.....</i>	<i>19</i>
<b>1.4. Justificación de la investigación.....</b>	<b>19</b>
<b>1.5. Delimitación del estudio.....</b>	<b>19</b>
<b>1.6. Viabilidad del Estudio. ....</b>	<b>20</b>
<b>Capitulo II Marco Teórico .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1. Antecedentes de la investigación.....</b>	<b>21</b>
<i>2.1.1. Investigación Internacional.....</i>	<i>21</i>
<i>2.1.2. Investigación Nacional .....</i>	<i>23</i>

<b>2.2. Bases teóricas.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.1. Metales pesados. ....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.2. Efecto de los elementos metálicos pesados en ambiente.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.3. Organismos absorbentes de minerales disueltos en aguas. ....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.4. Aguas residuales.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.5. Contaminación del agua. ....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.6. Contaminación por elementos metálicos pesados.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.7. Planta concentradora de minerales. ....</b>	<b>31</b>
<b>2.3. Definiciones conceptuales .....</b>	<b>31</b>
<b>2.4. Formulación Hipótesis.....</b>	<b>33</b>
<b>2.4.1. Hipótesis General. ....</b>	<b>33</b>
<b>2.4.2. Hipótesis Específicas.....</b>	<b>33</b>
<b>Capítulo III Metodología.....</b>	<b>34</b>
<b>3.1. Diseño Metodológico.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2. Población y Muestra. ....</b>	<b>35</b>
<b>3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....</b>	<b>36</b>
<b>3.4. Técnica para el Procesamiento de la Información.....</b>	<b>39</b>
<b>3.5. Matriz de Consistencia. ....</b>	<b>40</b>
<b>Capítulo IV Resultados.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1. Análisis de Resultados. ....</b>	<b>41</b>
<b>Capítulo V Discusión.....</b>	<b>47</b>
<b>5.1. Discusión de Resultados. ....</b>	<b>47</b>
<b>Capítulo VI Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>49</b>
<b>6.1. Conclusiones. ....</b>	<b>49</b>
<b>6.2. Recomendaciones.....</b>	<b>50</b>

<b>Capitulo VII Fuentes de información.....</b>	<b>51</b>
<b>7.1. Referencias.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>54</b>

**Índice de figura**

Tabla 1.	Límites máximos que son permitidos por la minería	<b>27</b>
Tabla 2.	Operacionalización de variables	<b>32</b>
Tabla 3.	Matriz de consistencia.	<b>36</b>
Tabla 4.	Coordenadas de los puntos muestreados	<b>37</b>
Tabla 5.	Niveles de concentración arsénico	<b>38</b>
Tabla 6.	Niveles de concentración cadmio	<b>39</b>
Tabla 7.	Niveles de concentración Plomo	<b>40</b>

**Índice de tabla**

Figura 1.	Chancadora de quijada 5x6	29
Figura 2.	Molino de bolas	29
Figura 3.	Niveles de concentración arsénico	39
Figura 4.	Niveles de concentración cadmio	40
Figura 5.	Niveles de concentración Plomo	41
Figura 6.	Niveles de concentración de metales pesados	41

## Resumen

Estos pasivos medioambientales, impulsados por actividades no reguladas de minería y metalúrgica, existiendo norma ambiental, Ley común de Aguas. (DS 17552), exigiendo a las empresas mineras invertir en tecnologías de limpieza, incluyendo tratamiento de aguas residuales mineras - metalúrgicas, recuperación en estaciones depuradoras de aguas residuales convencionales procesos químicos. Motivando investigar contaminación de metales pesados y derrame de relave minero en río Santa generados por la minería. El **objetivo**, describir la magnitud de contaminación de los metales pesados generados por derrame del relave minero en río Santa generado por la minería Ticapampa. El **método**, enfoque cuantitativo, investigación experimental, utilizando sus variables cuantificables, usando software SPSS, las muestras de relaves minero obtenidas los 10 puntos estratégicos en cuenca del río Santa entre los kilómetros 172 hasta 174 panamericana Pativilca - Huaraz. **Resultados**, se muestra en tabla 5 acumulación de elementos pesados en las aguas del río Santa en todos los puntos mencionados por encima de ECA. Se **concluye**, por prueba de normalidad para los datos de elementos pesados, a mayor concentración y derrame de estos elementos mayor porcentaje de contaminación.

**Palabras claves:** Metales pesados, derrame de relave minero, río Santa, contaminación.

### **Abstract**

These environmental liabilities, driven by unregulated mining and metallurgical activities, there are environmental regulations, Common Water Law. (DS 17552), requiring mining companies to invest in cleaning technologies, including treatment of mining wastewater - metallurgical, recovery in conventional wastewater treatment plants and chemical processes. Motivating to investigate heavy metal contamination and mine tailings spill in Rio Santa generated by mining. The objective is to describe the magnitude of heavy metal contamination generated by the spill of the mining tailings in Rio Santa generated by Ticapampa mining. The method, quantitative approach, experimental research, using its quantifiable variables, using SPSS software, the samples of mine tailings obtained from the 10 strategic points in the basin of the Santa River between kilometers 172 to 174 Panamericana Pativilca - Huaraz. Results, Table 5 shows the accumulation of heavy elements in the waters of the Santa River at all the points mentioned above ECA. It is concluded, by normality test for the data of heavy elements, the higher the concentration and spillage of these elements, the higher the percentage of contamination.

**Keywords:** Heavy metals, mine tailings spill, holy river, pollution.

## Introducción

La actualidad la minería, son actividades más rentables, pero mismo tiempo perjudicial al medio ambiente, contaminando demasiado, flora y fauna, afectando las actividades agropecuarias significativamente.

La contaminación, aguas residuales ácidas de las minas, generalmente contiene alto contenido de sulfatos y metales disueltos. El cobre, suele estar acompañado de grandes cantidades de sólidos suspendido y estas concentraciones son dañinas al medio ambiente. Actividad biológica, causan gran contaminación en los cauces de los ríos, así como inspección y limpieza, con costo adicional de minería. Además, es posible que esta contaminación dure muchos años e incluso puede llegar a durar más de 100 años, porque solía ser tan pronto como se complete el ciclo de producción de la mina, principal problema y causa de la contaminación de aguas superficiales y aguas del sub suelo en la tierra.

Resultado de formación del sistema drenaje de la mina, actualmente en nuestro país muchas emisiones metalúrgicas en plantas procesamiento y algunas empresas mineras el abandono altera el medio natural y tienen un impacto negativo en el ambiente de la tierra, representan la principal causa ambiental de industria minera, productos la extracción de minerales sulfuro como galena, pirita blanca, plateada, etc., que se encuentra en cantidad substancial.

## Capítulo I.

### Planteamiento de problema

#### 1.1. Descripción de realidad problemática.

En el mundo, los recursos minerales representan una base esencial para el progreso de las sociedades modernas y la estabilidad nacional. No obstante, la actividad minera genera grandes volúmenes de relaves, que pueden superar entre 2 a 12 veces la cantidad de metal recuperado. Actualmente, se estima que la producción mundial de relaves mineros supera los 10 mil millones de toneladas anuales (Jiang et al., 2021). Estos residuos se almacenan principalmente en estanques de relaves, donde permanecen expuestos al ambiente durante largos periodos. Generalmente, contienen metales pesados como plomo, arsénico, cromo, cadmio, manganeso, zinc y cobre, los cuales pueden liberarse al suelo agrícola, aguas subterráneas y cuerpos de agua cercanos a través de infiltración, escorrentía superficial o recarga hídrica (Qi et al., 2022). Esta liberación constante incrementa progresivamente la concentración de metales pesados en los entornos próximos, generando un alto riesgo de contaminación ambiental (Zhao et al., 2023).

Actualmente, la generación de relaves a nivel mundial es sumamente elevada, ya que en el procesamiento de minerales se obtienen solo pequeñas cantidades de metal en onzas o libras por cada tonelada de material tratado. Para el año 2022, se calculó que el surgimiento global de relaves mineros ascendía a más de 14 millones de toneladas métricas por año, producto de la extracción de diversos metales y minerales. En procesos como la flotación espumosa, utilizada para beneficiar minerales como el cobre y el oro, se emplean numerosos reactivos químicos como xantatos, cianuros, sulfatos, espumantes y agentes modificadores que facilitan la separación de las especies minerales mediante aireación y agitación controlada en una suspensión acuosa (Cacciuttolo y Cano, 2022).

El uso de estos reactivos es esencial para lograr una separación eficiente en la interfaz sólido-líquido y líquido-gas. Sin embargo, muchos de ellos poseen características preocupantes en cuanto a su toxicidad y persistencia ambiental. Por ejemplo, algunos compuestos como el xantato de sodio presentan niveles significativos de peligrosidad para los seres humanos, mientras que otros como los ditiofosfatos y agentes espumantes como el MIBC o el Dawfroth 250 son catalogados como tóxicos y constituyen una amenaza para el bienestar humano y los ecosistemas. Como resultado, los relaves mineros no solo contienen elevadas concentraciones de metales pesados naturales como cadmio, cromo, manganeso, arsénico, plomo, zinc o molibdeno, sino también residuos de compuestos químicos sintéticos utilizados durante el procesamiento. Por ello, desde una perspectiva geoquímica y toxicológica, estos materiales no pueden considerarse inertes o inocuos, lo que exige una gestión ambiental rigurosa y responsable en su disposición final (Williams, 2021).

En el Perú la Defensoría del Pueblo (2024) señala que gran parte de las tensiones sociales en el Perú están vinculadas con cuestiones de índole ambiental, siendo la actividad minera responsable del 67% de dichas circunstancias. Este escenario ha provocado una inquietud en ascenso entre las poblaciones afectadas por la alteración de sus fuentes naturales. Los pasivos mineros, especialmente los elementos metálicos tóxicos disueltos en el agua, pueden trasladarse a cultivos y animales, afectando la salud humana. Entre las consecuencias se encuentran la carencia nutricional y diversas afecciones, lo que deja a la población en un estado de preocupación continua (Gonzales, 2024).

Asimismo, en el país existen cerca de 7.000 pasivos ambientales mineros, muchos de los cuales representan un alto riesgo de contaminación, especialmente en el contexto de lluvias intensas, huaicos y el fenómeno de El Niño. Más de 4.000 de estos pasivos están ubicados en zonas vulnerables, como la región Lima, donde más de 600 se encuentran cerca de fuentes de agua clave como los ríos Rímac, Chillón y Lurín. Estos residuos tóxicos —relaves, desmontes

y bocaminas— amenazan con colapsar y contaminar el suministro hídrico de la capital. Casos como los relaves del cerro Tamboraque o los derrames en los ríos Chillón y Santa Eulalia evidencian la falta de planificación territorial, normativas de prevención y acciones estatales efectivas, comprometiendo el bienestar colectivo y la estabilidad hídrica de millones de limeños (Wayka, 2023).

A nivel local se buscó estudiar cómo influye la concentración de los metales por el derrame del relave minero en el río Santa, por tal razón se precisan pruebas efectuadas en laboratorio para establecer los niveles de contaminación del plomo, cobre y arsénico, encontrándose en las zonas muestreadas de las aguas de río Santa, y su empleo dentro de la industria. Alcanzando un incremento en el rendimiento y la excelencia de los productos, que son generados por minera en Ticapampa.

La idea, fue realizar comparaciones de los productos de la materia prima empleada para determinar el grado de contaminación del río Santa a través del análisis en el laboratorio para poder plantear el problema. Debido a esto, se formularon las siguientes preguntas:

## **1.2. Formulación del problema.**

### ***1.2.1. Problema General.***

- ¿De qué manera afecta la contaminación de metales pesados, generados por el derrame de relave minero en el río Santa, Ticapampa – Ancash?

### ***1.2.2. Problema Específico.***

- ¿Cuáles son los niveles concentración de los metales, Pb, Cd y As que se encuentran en zonas muestreadas de las aguas en río Santa, Ticapampa – Ancash?
- ¿Cuál es la magnitud de contaminación por derrame del relave minero en el río Santa, Ticapampa – Ancash?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. *Objetivos Generales.***

- Describir cómo influye la contaminación de metales pesados, generados por derrame de relave minero en el río Santa, Ticapampa – Ancash.

#### **1.3.2. *Objetivos Específicos.***

- Identificar las cantidades o niveles en que están presentes los metales, Pb, Cd y As que se encuentran en las zonas muestreadas de las aguas en río Santa, Ticapampa – Ancash.
- Describir la magnitud de contaminación por derrame del relave minero en el río Santa, Ticapampa – Ancash.

### **1.4. Justificación de la investigación**

La disertación, examina una herramienta técnica significativa que será difundida en diversos medios para dar a conocer el daño que causan los residuos de aguas fluviales y otros componentes del medio ambiente, así como salud humana. Los pobladores del Distrito Ticapampa, son que recibirán los aportes de investigación, ofreciendo una solución viable para mejorar las condiciones de los pobladores.

### **1.5. Delimitación del estudio**

#### **Territorial.**

La investigación tendrá lugar en la región Áncash, en el distrito de Ticapampa, teniendo como punto focal la empresa Minera Ticapampa y el río Santa.

#### **Tiempo y Espacio.**

Ejecutado de manera exitosa dentro de las instalaciones de la empresa Minera. año 2023.

**Recursos.**

Consideramos los equipos e instrumentos del laboratorio de la minera y falta suficiente de recursos económicos, a culminar investigación profunda.

**1.6. Viabilidad del Estudio.**

La viabilidad de investigación está respaldada por un sólido manejo de saberes teóricos y habilidades técnicas necesarias para su desarrollo. Del mismo modo, disposición de teoría, por las fuentes de información y el permiso otorgado por el jefe del laboratorio empresa para realizar dicho análisis e investigación.

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Investigación Internacional

Daripa et al. (2023) en India presento su estudio “Contaminación por metales en recursos hídricos debido a diversas actividades antropogénicas”, donde evidencia que, aunque los metales existen de manera inherente en el agua, las actividades humanas han elevado sus concentraciones a niveles peligrosos. Estos metales son tóxicos incluso en pequeñas cantidades, deterioran la calidad del agua, afectan al medio ambiente y provocan enfermedades al bioacumularse en plantas, animales y humanos por medio de la respiración, el consumo de agua y la alimentación. Las fuentes de contaminación se dividen en puntuales, como los vertidos industriales sin tratamiento (de sectores como cuero, papel, tintes, acero o fertilizantes), y no puntuales, como el arrastre superficial proveniente de actividades agrícolas que contienen plaguicidas y abonos químicos. Una vez en el agua, los metales ingresan a la cadena alimentaria, acumulándose en organismos vivos y causando problemas de salud graves, incluido el cáncer. Para mitigar la contaminación, se recomienda tratar las aguas residuales industriales antes de su descarga y aplicar soluciones de ingeniería para controlar la escorrentía en zonas afectadas.

Macklin et al. (2023) en Inglaterra presentaron su estudio “Impactos de la minería de metales en los sistemas fluviales: una evaluación global”, donde un análisis global recopiló información sobre la ubicación de minas activas e inactivas, así como de presas de relaves que almacenan estos desechos. Utilizando modelos hidrológicos, se evaluó cómo la contaminación proveniente de estas fuentes, especialmente por fallas en las presas de relaves, afecta los sistemas fluviales. El estudio identificó que más de 23 millones de personas habitan en

aproximadamente 164,000 kilómetros cuadrados de llanuras aluviales expuestas a los impactos de la minería. Aunque los colapsos de presas generan daños graves a nivel local, la contaminación constante derivada de operaciones mineras pasadas o actuales afecta a un número aún mayor de personas. Para comprender con precisión las consecuencias ambientales y en la salud de los individuos, se requiere mejorar la recopilación de datos y el monitoreo a escala global.

Dusengemungu et al. (2022) en Zambia presentaron su estudio “Análisis del grado de presencia de metales pesados en terrenos con residuos mineros de cobre en Kitwe y Mufulira, Zambia, con miras a posibles estrategias de restauración”. Esta investigación examinó la concentración de elementos metálicos densos —tales como cobre (Cu), cobalto (Co), hierro (Fe), plomo (Pb), manganeso (Mn) y zinc (Zn)—en suelos de vertederos de desechos mineros ubicados en Kitwe (BM y TD26) y Mufulira (TD10), Zambia. El objetivo fue evaluar el nivel de contaminación, el riesgo ecológico y los avances en los procesos de recuperación ambiental. Estos vertederos, cercanos a zonas residenciales, representan un riesgo potencial para el suelo, ríos y aguas subterráneas. Se halló que las concentraciones de metales disminuyeron en el orden  $Fe > Cu > Co > Mn > Pb > Zn$ , aunque el grado de contaminación, usando un suelo de control, fue más alto para Cu y Co. El índice de carga contaminante indicó alta contaminación en BM (0,355) y TD26 (0,329), mientras que TD10 (0,189) mostró niveles menores, probablemente por intervenciones de remediación. El riesgo ecológico fue bajo en todos los sitios, aunque se advirtió que los contaminantes pueden dispersarse por viento y agua. Este trabajo proporciona una visión actualizada sobre la presencia nociva de elementos metálicos pesados en estos sitios y orienta futuras estrategias de recuperación posminera.

Choudhury et al. (2021) en India presentaron su estudio “Acumulación perjudicial de metales pesados del agua de los ríos y los depósitos sedimentarios en los ecosistemas de manglares de Bangladesh: una consecuencia del derrame de petróleo”. Se efectuó un estudio

minucioso con el propósito de examinar la presencia de elementos metálicos tóxicos en cuerpos de agua superficiales y depósitos fluviales tras un derrame de petróleo en el río Sela y sus afluentes, dentro del ecosistema de manglares de Sundarbans, Bangladesh. Se obtuvieron ejemplares de agua y material de fondo, los cuales fueron examinados empleando técnica de absorción atómica por espectrometría. Los resultados mostraron concentraciones elevadas de varios metales, especialmente cobalto (Co), cadmio (Cd), plomo (Pb) y níquel (Ni), que superaron los límites establecidos por la OMS para agua potable, aunque podrían usarse en riego agrícola. En los sedimentos, el hierro (Fe) y el cadmio fueron los elementos más presentes, siendo el Cd el metal más preocupante por su alta acumulación. El análisis reveló que los niveles de contaminación fueron influenciados principalmente por actividades humanas, junto con fuentes naturales, y que el sedimento actúa como un reservorio crítico de contaminantes. Los distintos índices de calidad ambiental aplicados confirmaron una contaminación significativa, especialmente por cadmio, lo que subraya la urgencia de medidas de mitigación y monitoreo continuo en esta zona vulnerable.

### ***2.1.2. Investigación Nacional***

Riveros (2024) presentó su estudio “Nivel de elementos metálicos tóxicos (Hg, As, Cd) en corrientes hídricas del río Escalera respecto a los parámetros referenciales de pureza del agua, Huachocolpa – 2023” La finalidad de la investigación fue establecer los niveles de elementos metálicos tóxicos (Hg, As, Cd) en las aguas superficiales del río Escalera, ubicado en Huachocolpa – 2023, en comparación con los valores referenciales estipulados en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3. Se llevó a cabo una investigación aplicada, descriptiva y no experimental. La unidad de análisis abarcó el trayecto del río Escalera, y la recolección de muestras se realizó en cuatro ubicaciones específicas, empleando un muestreo intencional de tipo no aleatorio. Los resultados promedio obtenidos

fueron: Arsénico (As) 0.184 mg/L, Cadmio (Cd) 0.043 mg/L y Mercurio (Hg) 0.0083 mg/L, concluyéndose que las concentraciones de estos metales no superan los ECA para agua categoría 3, destinada al riego de vegetales y consumo animal.

Esquivel (2024) presento su estudio “Presencia de plomo (Pb), arsénico (As) y cadmio (Cd) en cuerpos de agua, terrenos agrícolas y productos cultivados en la cuenca del río Moche”. La investigación se llevó a cabo en los tramos medio e inferior del río Moche, en la región de La Libertad, Perú, con la finalidad de examinar los niveles de elementos metálicos tóxicos (Pb, As y Cd) presentes en cuerpos de agua, tierras de cultivo y productos agrícolas de la zona. Se llevaron a cabo dos períodos de monitoreo: uno durante la temporada seca y otro durante la temporada de crecidas tomando muestras en seis estaciones distribuidas a lo largo del río. Se midieron parámetros ambientales y se recolectaron ejemplares de líquido fluvial, sustrato terrestre, los cuales fueron examinados en laboratorio mediante el método EPA 200.8. Los resultados revelaron altos niveles de arsénico y cadmio en el agua, mientras que en los suelos agrícolas se encontraron concentraciones que superaban los límites permitidos en la mayoría de los puntos de muestreo. En los cultivos, si bien se detectaron los tres metales pesados, sus niveles no sobrepasaron los límites máximos tolerables. Las concentraciones fueron contrastadas con los parámetros normativos de referencia ambiental vigentes en el país para cuerpos hídricos, sustratos edáficos y productos de origen agrícola, definidos por el MINAM y el MINSA.

Fernández (2022) presento su estudio “Desplazamiento de elementos metálicos tóxicos y su correlación con variables fisicoquímicas en depósitos residuales de la unidad de concentración de Tiquillaca”. La meta del estudio fue determinar el nivel de desplazamiento de As, Cd y Pb en función de variables como el pH, el potencial óxido-reducción (Eh), la presencia de compuestos férricos y carbonatados en el depósito de relaves de la Unidad de Concentración de Tiquillaca. Se tomaron muestras de suelo a 80 cm de profundidad en cuatro

puntos de la relavera. Los resultados revelaron que la concentración de plomo (Pb) superó el límite máximo de detección del equipo ICP-OES, mientras que la movilidad de arsénico (As) y cadmio (Cd) estuvo fuertemente influenciada por el pH y el Eh, mostrando una asociación directa entre el arsénico y el pH (0.958), así como una relación inversa entre el arsénico y el potencial redox (Eh) (-0.95). Además, los coeficientes ecológicos como el Coeficiente de Perturbación, el Índice de Geoacumulación (Igeo) y el Cociente de Enriquecimiento (EF) reflejaron niveles críticos de alteración extrema del entorno, especialmente por plomo, seguido de arsénico y cadmio ( $Pb \gg As > Cd$ ), lo cual representa un grave riesgo ambiental, especialmente por su potencial movilización hacia aguas subterráneas en temporada de lluvias.

Malaga (2022) presentó su estudio “Impacto de los residuos mineros en la composición fisicoquímica del recurso hídrico del río Colca”. Este estudio descriptivo-experimental examinó las repercusiones derivadas de los residuos mineros presentes en la relavera 'El Madrigal' respecto a las condiciones fisicoquímicas del río Colca, Arequipa. Se analizaron concentraciones de metales pesados y se compararon con los estándares del D.S. N.º 004-2017-MINAM, identificando las posibles afecciones al bienestar humano y a la biodiversidad. También se revisaron datos de monitoreos participativos previos en la cuenca Camaná – Majes – Colca. Los resultados mostraron presencia de arsénico, plomo, cadmio y mercurio en el río, destacando el arsénico con un valor de 0.106 mg/L en el sitio 134RColc3 del registro de observación llevado a cabo en 2014, superando el límite permitido para riego. Además, el pH registrado en varios puntos entre 2013 y 2019 fue superior a los valores normativos, evidenciando un deterioro de la calidad del agua. El estudio concluyó con propuestas orientadas a atenuar las repercusiones adversas de la relavera.

## 2.2. Bases teóricas.

Departamento de Ancash, es considerada como sus principales actividades económicas la minería, realizado en cordillera blanca y negra de la región, con efectos de diferentes pasivos ambientales en las zonas aledañas. Una de sus fuentes más común el arsénico, es consumido a través de agua y alimentos, superando los límites establecidos en rio santa al ser comparado los limites estándares de calidad ambiental. Las poblaciones aledañas, se encuentran expuesto, las actividades mineras, agrícola y el riesgo de consumir alimentos y aguas del rio contaminados comprobándose de contener altas concentraciones de arsénico en diferentes puntos de muestreo, en zona de Ticapampa en Ancash.

### 2.2.1. Metales pesados.

Los metales pesados son sustancias inorgánicas con una alta densidad (superior a 4 g/cm<sup>3</sup>) y número atómico alto, que pueden manifestarse como gases, especies iónicas en medios acuáticos o incrustados en matrices pétreas, edáficas o arenosas, o adheridos a partículas del aire. Aunque están presentes naturalmente en el ambiente y cumplen funciones esenciales en pequeñas cantidades, por ejemplo, el cobre, zinc y hierro participan en procesos como el transporte de oxígeno, la replicación del ADN y la absorción de nutrientes—, su concentración puede incrementarse peligrosamente por actividades humanas. Cuando esto ocurre, se altera su equilibrio natural, afectando la biota y causando disrupciones en procesos bioquímicos y fisiológicos esenciales para la vida (Octavio y Olmos, 2022).

Aunque no todos los metales de alta densidad son perjudiciales —algunos son esenciales para funciones biológicas humanas, ciertos compuestos metálicos como el mercurio, plomo, cadmio, talio, y en menor medida el cobre, zinc y cromo, son conocidos por su alto potencial contaminante. También se consideran peligrosos otros elementos como el arsénico, el berilio o el aluminio, debido a su toxicidad. El riesgo principal de estos metales radica en

que no se degradan ni química ni biológicamente, y presentan una propensión a persistir dentro de los tejidos de los seres vivo. A medida que avanzan en la cadena alimentaria, sus concentraciones aumentan, lo que puede causar daños físicos como trastornos crónicos o problemas en la sangre, así como efectos mentales como ansiedad o apatía (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022).

### ***2.2.2. Efecto de los elementos metálicos pesados en ambiente.***

Los elementos metálicos de elevada densidad son reconocidos como agentes nocivos para el entorno por su carácter tóxico, su permanencia prolongada en los ecosistemas y su facultad de incorporarse progresivamente en los seres vivos a través de la bioacumulación. Aunque muchos de estos elementos tienen un origen natural, las actividades humanas han intensificado su presencia en los ecosistemas terrestres y acuáticos, generando serias implicancias para la salud pública. Se distinguen por poseer una masa atómica y elevada y ser dañinos para los seres vivos, especialmente cuando se combinan con componentes del entorno como el aire, el agua o el suelo. Esta combinación facilita su ingreso a la cadena alimentaria, aumentando la exposición de personas y animales. Diversas investigaciones experimentales se han enfocado en evaluar métodos de tratamiento basados en productos naturales para mitigar su impacto (Mitra et al., 2022).

### ***2.2.3. Organismos absorbentes de minerales disueltos en aguas.***

Es decir, son altamente biodisponibles en este ambiente (probabilidad interacciones de los contaminantes en los sistemas biológicos). Metal bio concentración en el bioma, el agua acumula principalmente cadmio y mercurio; manganeso en esqueleto de pescado. Minerales con mayor probabilidad de generar afectaciones fisiológicas en las personas incluyen al cobre, cadmio, mercurio y manganeso. Se consideran nocivos si interfieren con el crecimiento o el desarrollo del metabolismo celular, cuando supera una determinada concentración algunos, es un veneno peligroso incluso en concentraciones muy bajas (Loayza, 2025).

#### **2.2.4. Aguas residuales.**

Corresponden a líquidos alterados por actividades humanas y requieren tratamiento para su reutilización. Su origen puede ser doméstico, industrial, agropecuario o provenir de escorrentías pluviales. Las domésticas o urbanas provienen del uso en viviendas y ciudades, con alta carga de materia orgánica, sólidos y bacterias. Las industriales derivan de procesos fabriles e incluyen contaminantes químicos y metales pesados como plomo, mercurio o cadmio. Las agrícolas y ganaderas, especialmente de la ganadería intensiva, contienen residuos biológicos y productos químicos. Finalmente, las aguas pluviales, al arrastrar contaminantes del aire y el suelo urbano, se incorporan al sistema de alcantarillado, sumándose a las residuales urbanas. Esta clasificación por procedencia es la más común para su análisis y tratamiento (Ferrovial, 2025).

#### **2.2.5. Contaminación del agua.**

Proviene de múltiples fuentes, tanto directas como indirectas. Puede originarse por vertidos legales e ilegales de fábricas, fallas en plantas de tratamiento, fugas de oleoductos o actividades como el fracking. También puede ingresar a los cuerpos de agua a través del viento, lluvias o el vertido inadecuado de basura, especialmente plásticos. Actualmente, un factor predominante es la contaminación difusa, donde la lluvia o el deshielo arrastran contaminantes desde la superficie hacia ríos y lagos. Estos incluyen fertilizantes, pesticidas, residuos animales, productos tóxicos de carreteras e industrias, y bacterias. Además, el agua potable puede contaminarse dentro del sistema de distribución, como ha ocurrido con elementos de alta densidad como el plomo o el arsénico, provenientes de tuberías corroídas o residuos industriales y naturales. Este problema, global y complejo, compromete tanto la salud humana como los ecosistemas (National Geographic, 2017).

### ***2.2.6. Contaminación por elementos metálicos pesados.***

Es fuente de contaminación de la cadena alimentaria, cuando es consumido por algunos de sus enlaces. Ingresar en el cuerpo humano con agua consumida contaminada por compuestos de Hg, Pb o Cd, causando en seres humanos pérdida de la visión, demencia, enanismo e incluso la mortalidad contaminación por cadmio en el agua. El cadmio es muy nocivo para cualquier forma de vida, existe y puede ser utilizado por humanos, causar daño al sistema digestivo, riñones y huesos (productos calcificación y lesión del hueso) y bloquea varios procesos por tener enzimas. Al inhalar su vapor, provoca graves daños al pulmón. Otra evidencia del cadmio, se asocia a la presión arterial, causando enfermedades del corazón (Correa, 2021).

La existencia de elementos tóxicos de alta densidad en recursos hídricos, los alimentos y el aire representa una problemática crítica a nivel global y nacional, especialmente en el Perú. Estos elementos, debido a su elevada nocividad, no solo afectan gravemente la salud humana, sino que también ocasionan daños irreversibles en los ecosistemas, impactando negativamente la biodiversidad y generando consecuencias socioeconómicas importantes. En las zonas altoandinas del país, donde se encuentran muchas de las cuencas y microcuencas proveedoras de productos agrícolas esenciales, aún son limitados los estudios sobre la presencia y los efectos de estos metales. Dado que estas fuentes hídricas reciben descargas contaminantes de origen antrópico, los metales pesados tienden a acumularse en los sedimentos, convirtiendo a los ríos en rutas de transporte de contaminantes. Por ello, se hace urgente implementar monitoreos periódicos y sistemáticos que permitan obtener información crucial para orientar decisiones políticas y estrategias de gestión ambiental a nivel local, regional y nacional (Correa, 2021).

### a) Aguas contaminadas con arsénicos.

Es otro elemento muy contaminante y peligrosos. Se encuentra en la superficie de la tierra; se distribuye al medio ambiente rápidamente, encontrándose presentes en el suelo, agua y aire. En forma inorgánica, llega a ser toxico. Los altos niveles de arsénico inorgánico pueden tener muchas causas, entre ellas: consumir agua contaminada o usarla para cocinar (Dammert, 2007).

Tabla 1:

*Límites máximos que son permitidos por la minería*

Parámetro	Unidades	Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual
PH		6 - 9	6 - 9
Sólidos	(mg/L)	50	25
Suspensión			
Lubricantes y Grasas	(mg/L)	20	16
Cianuro	(mg/L)	1	0.8
Arsénico	(mg/L)	0.1	0.08
Cadmio	(mg/L)	0.05	0.04
Cromo Hexavalente	(mg/L)	0.1	0.08
Cobre	(mg/L)	0.5	0.4
Hierro (Líquido)	(mg/L)	2	1.6
Plomo	(mg/L)	0.2	0.16
Mercurio	(mg/L)	0.002	0.0016
Zinc	(mg/L)	1.5	1.2

*Fuente:* D. S. N° 010-2010-MINAM

**b) Concentración de minerales.**

Es necesario, para establecer todo el proceso de extracción de algunos minerales y conseguir reducir el impacto negativo y el costo del tratamiento a pesar del costo (Dammert, 2007).

**2.2.7. Planta concentradora de minerales.**

Una planta concentradora es una instalación metalúrgica fundamental en la actividad minera, ya que permite procesar el mineral extraído de los yacimientos para obtener concentrados valiosos comercializables. Esta planta se organiza siguiendo un diagrama de flujo que guía el funcionamiento de las máquinas y equipos involucrados en la reducción de tamaño, separación de especies valiosas y manejo de materiales. Existen diagramas de flujo lineales y pictográficos que detallan el recorrido del mineral en el proceso. El tratamiento del material se realiza en varias etapas: chancado, donde se reduce el tamaño del mineral; molienda, que lo lleva a partículas muy finas; flotación, que permite separar los minerales útiles mediante reactivos; filtrado, que elimina el exceso de agua de la pulpa; y espesamiento, que concentra aún más el producto y genera los relaves, residuos que deben ser gestionados con cuidado debido a su potencial contaminante. La planta concentradora no solo permite obtener productos de valor sin el uso de químicos en algunos casos, sino que también contribuye a hacer rentable la actividad minera y a reducir su impacto ambiental (Hlcsistemas, 2019).

**2.3. Definiciones conceptuales****a) Mineral.**

Un elemento o composición química que consiste en un procesos Inorgánicos naturales, con composición química especificada en orden Disposición de átomos o estructuras

cristalinas. Mientras que la piedra es una mezcla de los minerales pueden tener una composición muy diversa.

**b) Mena.**

Los metales de valor comercial se consideran minerales, o puede ser el valor del metal o sus compuestos. se recuperó a través de un proceso económicamente beneficioso.

**c) Ganga.**

Será tratado como un metal situado junto a la mena y reducida concentración de metales preciosos, esta será la aproximación que disponen en la etapa concentrada y tienen nulo valor económico.

**d) Chancadora de mineral.**

Serán tratado como un metal situado junto a la mena y es reducida la concentración de metales preciosos, esta será la aproximación que se disponen en la etapa concentrada y no tienen valor comercial.

**Figura 1.**

*Chancadora de quijada 5x6*



**Molienda:** Es segunda etapa de concentración, que comienza en el momento en que se reciben las piezas homogéneas astilladas reduciendo aún más su tamaño y alcanzando un tamaño máximo de partícula de 180 una micra (0,18 mm) permite una gran proporción de partículas crudo independiente. (De La Cruz et al., 2013).

**Figura 2.**

*Molino de bolas*



## 2.4. Formulación Hipótesis.

### 2.4.1. Hipótesis General.

- La influencia de los metales pesados generados por el derrame de relaves mineros contamina el río Santa, Ticapampa – Ancash.

### 2.4.2. Hipótesis Específicas.

- Encontrar los niveles de concentración de los metales, Pb, Cd y As en las zonas muestreadas de las aguas de río Santa, Ticapampa – Ancash.
- La magnitud de contaminación es significativa por derrame del relave minero en el Río Santa, Ticapampa – Ancash.

## Capítulo III

### Metodología

#### 3.1. Diseño Metodológico.

##### 3.1.1. *Tipo de Investigación.*

Es de tipo aplicada dado que pretende generar saberes que se orientan a la solución de un problema práctico y concreto, en este caso, relacionado con la contaminación ambiental por metales pesados. No se limita únicamente a ampliar el conocimiento teórico, sino que pretende utilizar los hallazgos obtenidos para proponer medidas, estrategias o intervenciones que contribuyan a mejorar la calidad del agua, del suelo o de los ecosistemas afectados, así como a proteger la salud de la población y el ambiente (Hernández y Mendoza, 2023).

##### 3.1.2. *Nivel de Investigación.*

Conforme a las presentes características, se resuelve que el nivel de la investigación es explicativa, El nivel de investigación explicativa busca identificar las causas de un fenómeno y entender cómo se relacionan sus variables. En este estudio, se pretende explicar el origen y comportamiento de los metales pesados en el río, analizando factores que los generan y su impacto ambiental (Hernández y Mendoza, 2023).

##### 3.1.3. *Diseño de la Investigación.*

El diseño fue práctico, evalúa la variable independiente para su comparación. Según Hernández y Mendoza (2023) Con el tema mencionado a continuación: Lo particular del experimento, donde el investigador en forma intencional puede manipular las acciones el análisis dando resultados posibles. Mediante la ejecución de pruebas experimentales se pueden alterar determinados estímulos, influencias o procedimientos llamados variables

independientes, permitiendo observar su impacto sobre otras variables, conocidas como variables dependientes (pág. 121).

#### **3.1.4. Enfoque de la Investigación.**

Conforme a lo indicado por Fernández (2014) en su aporte titulado Metodología de la investigación, se expone que la investigación adopta un enfoque cuantitativo, por sus variables cuantificables. Al recolectar los datos, se pretende verificar las suposiciones planteadas, utilizando como fundamento la cuantificación de datos con el propósito de contrastar una teoría (pág. 14)

### **3.2. Población y Muestra.**

#### **3.2.1. Población.**

La población fueron 10 muestras de diferentes partes del Rio Santa cercanos a la Minería, Ticapampa – Ancash

#### **3.2.2. Muestra.**

Se consideran como unidades de análisis todas las muestras provenientes de la cuenca del río Santa, vinculadas a la Empresa Minera Ticapampa.

#### **3.2.3. Tamaño de muestra.**

El tamaño muestral está conformado por los relaves mineros consideración en la investigación.

### 3.2.4. Operación de variables.

Tabla 2

Operacionalización de variables

<b>Variables</b>	<b>Conceptos</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Independiente Metales pesados</b>	Las concentraciones de elementos metálicos pesados en las aguas del rio santa en área de interés al superar las ECA a ser considerado agua consumible.	Soluto/disolvente (mg/L)	En aguas del rio santa, la presencia: Plomo Cadmio Arsénico
<b>Dependiente Relave minero</b>	Las aguas del rio santa en área de interés al contener elementos metálicos pesados superando los ECA para agua, están contaminadas y su consumo se considera nocivo para la salud.	Personas animal y vegetal, aguas del rio santa.	Reportes para los análisis de vida los análisis de salud.

*Nota:* Diseño estructurado por parte del autor.

### 3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

#### 3.3.1. Técnicas a emplear.

##### a. Observación sistemática Directa.

Este método consiste en registrar de forma directa el desarrollo del estudio, observando los acontecimientos a medida que ocurren durante el transcurso de la investigación.

##### b. Observación sistemática Indirecta.

Este procedimiento se basa en examinar y reunir datos directamente de las fuentes, con el fin de aportar elementos valiosos que fortalezcan el desarrollo de la disertación.

##### c. Observación experimental.

Este procedimiento implica tener conocimientos de las tareas a ejecutar en extraer, comparar y validar datos.

### 3.3.2. *Descripción del Proceso analítico*

Se expone una metodología destinada a corroborar la confiabilidad de los análisis efectuados en el laboratorio minera Ticapampa.

- **Preparación de muestras.**

Se lleva a cabo un procesamiento de las muestras mediante su selección y cotejo entre sí (Reyes, agua y muestras de relaves).

- **Codificación de muestras.**

Las muestras se identifican mediante códigos, agrupándolas por lotes, especificando tanto su masa como el número correspondiente a cada grupo.

- **Cuartea muestras de relaves.**

Cada muestra es fraccionada y disminuida en volumen con el fin de ser pesada previamente a su exposición a procesos de disolución química.

- **Pesaje**

Se colocan vasos precipitados con 200 ml en la fuente, asegurándose de que estén completamente lavados, secos y correctamente identificados.

Calibrar la balanza al haberse empleado pesas patrón.

Pesar cada muestra que deseamos ensayar.

Las muestras pesadas, codifica y organiza correctamente para prevenir desaciertos.

- **Ataque Químico.**

Efectuar una verificación de los instrumentos y sustancias químicas, asegurando su adecuado desempeño.

Se inicia la digestión agregando los reactivos en cada vaso precipitado conteniendo a muestra, siguiendo su otro análisis

Agrega agua desionizada en las paredes y se deja reposar.

Transvasa a Fiola de 200 ml.

- **Dilución.**

Se aforan fiolas, que incluyen la muestra empleando agua desionizada y posteriormente se agitan cuidadosamente.

- **Análisis.**

Comprobar que la zona destinada al análisis reúne los requisitos necesarios y autorizar el comienzo de los ensayos.

Introducimos las muestras, en los vasos con agua desionizada libre de impurezas, tras lo cual se habilita el instrumental y se inicia su operatividad.

El método, a emplear es de acuerdo a los elementos analizados.

Los datos obtenidos: observación, concentración, pesos de muestras son registrados.

Se ejecutan los cálculos, determina porcentajes correspondientes en cada elemento.

El reporte elaborado, es enviado al jefe de laboratorio, donde se dan a conocer los resultados conseguidos en la investigación.

### ***3.3.3. Equipos y Aparatos.***

Rop Tap electrónico.

Espectrofotómetro de absorción atómica

depósitos de plásticos.

Balanza Analítica: 0.0000g 220.0000g.

Laptop con software estadístico (Excel).

#### **3.3.4. *Material y Reactivos.***

- Luna de Reloj.
- Agua: H<sub>2</sub>O.
- Pizetas 250ml.
- Jarra 4L.
- Fiola 200ml.
- Vaso precipitado 200ml
- Pinzas.

#### **3.4. *Técnica para el Procesamiento de la Información.***

Para cumplir con el objetivo del estudio, se recolectaron muestras a lo largo de la cuenca del río, entre los kilómetros 172 y 174 de la Panamericana Pativilca - Huaraz, las cuales fueron posteriormente analizadas en laboratorio. Durante el recorrido inicial se identificaron diversos puntos con signos evidentes de contaminación, los cuales fueron seleccionados para el análisis. La información obtenida fue codificada y procesada mediante programas estadísticos como Excel y SPSS, permitiendo la elaboración de tablas, figuras y registros. A continuación, se detallan las coordenadas este y sur de los 10 puntos muestreados.

### 3.5. Matriz de Consistencia.

Tabla 3

*Matriz de consistencia.*

	<b>Problema</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Metodología</b>
<b>General</b>	¿Cómo influye la contaminación de metales pesados, generados por el derrame de relave minero en el río Santa, Ticapampa – Ancash 2022?	Describir cómo influye la contaminación de metales pesados, generados por derrame de relave minero en el río Santa, Ticapampa – Ancash.	• La influencia de los metales pesados generados por el derrame de relaves mineros contaminara el río Santa, Ticapampa – Ancash 2022.	Independiente Metales pesados	Soluto/disolvente (mg/L)	Tipo de investigación: Aplicada  Nivel de Investigación: explicativa  El diseño de investigación fue experimental
<b>Específicos</b>	¿Cómo influye la contaminación de metales pesados, generados por el derrame de relave minero en el río Santa, Ticapampa – Ancash 2022? ¿Cómo influye la contaminación de metales pesados, generados por el derrame de relave minero en el río Santa, Ticapampa – Ancash 2022?	Identificar los niveles de concentración de los metales, Pb, Cd y As que se encuentran en las zonas muestreadas de las aguas en río Santa, Ticapampa – Ancash. Describir la magnitud de contaminación por derrame del relave minero en el río santa, Ticapampa – Ancash.	Encontrar los niveles de concentración de los metales, Pb, Cd y As en las zonas muestreadas de las aguas de río Santa, Ticapampa – Ancash 2022. La magnitud de contaminación es significativa por derrame del relave minero en el Río Santa, Ticapampa – Ancash.	Dependiente Relave minero	Reportes para los análisis de salud.	Enfoque cuantitativo  Población Muestra: 10 muestras de diferentes partes del Río Santa cercanos a la Minería, Ticapampa – Ancash  Técnica Recolección Datos: Observación  Técnica Procesamiento Información: Estadístico

## Capítulo IV

### Resultados

#### 4.1. Análisis de Resultados.

**Tabla 4**

*Coordenadas de los puntos muestreados*

Coordenadas	UTM	Zona	18L
DATUM:	ESTE		SUR
PUNTOS			
1	232,062.70		8,920,513.19
2	232,068.21		8,920,595.19
3	232,042.43		8,920,689.17
4	232,014.87		8,920,755.63
5	232,017.21		8,920,811.72
6	231,987.41		8,920,922.32
7	231,931.90		8,921,032.90
8	231,865.19		8,921,116.29
9	231,826.89		8,921,194.59
10	231,809.03		8,921,273.89

**Accesibilidad:** Los puntos muestreados, son relativamente de fácil acceso, facilitando la movilización de los materiales necesarios para el muestreo.

**Representatividad:** Las muestras obtenidas son satisfactorio, son tomadas en zonas a mayor turbulencia de velocidad y apariencia física agresiva, asegurando su homogeneidad. Cuando turbulencia es excesiva, afecta los valores de los parámetros, oxígeno disuelto y pH.

**Identificar los puntos muestreados de agua:** con relativa facilidad, se colocan en frascos y rotulamos con letra imprenta, protegida con cinta de embalaje transparente, conteniendo las siguientes informaciones:

- Numeración de la muestra
- Identificación con código
- Información, punto de muestreo
- Hora y fecha que se roma muestra

- Información con el tipo de análisis requerido
- Datos del personal que realizó el muestreo

La investigación es aplicada, y metodología experimental básica, contrastando las características seleccionadas la teoría con la práctica: Se determina la calidad del agua y la presencia de metales pesados, es necesario la toma de muestras en los diez (10) puntos estratégicos, luego se trasladan al laboratorio de investigación a realizarle los análisis químicos, así identificar los metales pesados, obteniendo valores de concentración en cada uno de los elementos; a continuación, se muestran los resultados.

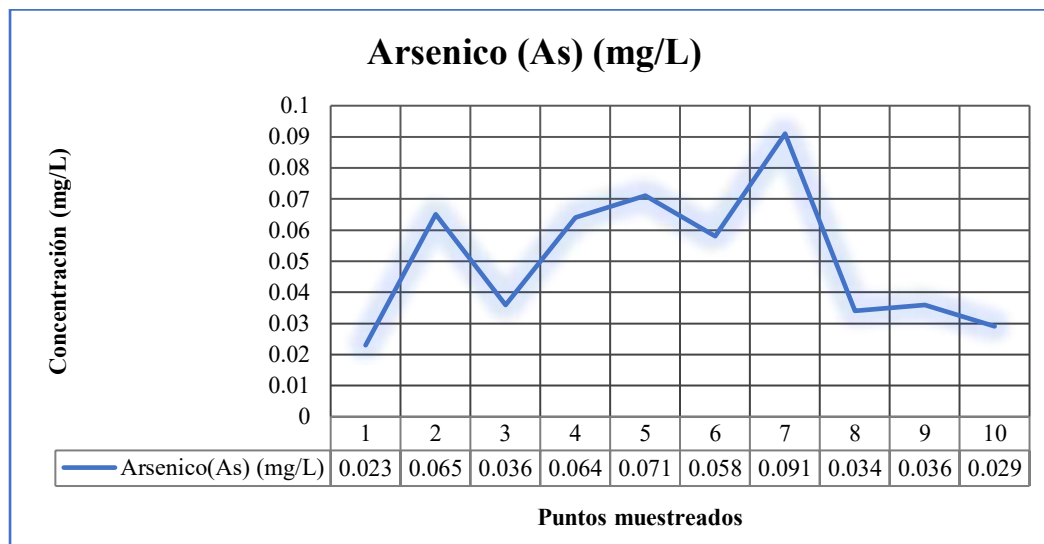
En la siguiente tabla se detalla los niveles de concentración de los metales Pb, As y Cd.

**Tabla 5**

*Niveles de concentración de Arsénico*

<b>MUESTRA</b>	<b>Arsénico (As) (mg/L)</b>
P-01	0.023
P-02	0.065
P-03	0.036
P-04	0.064
P-05	0.071
P-06	0.058
P-07	0.091
P-08	0.034
P-09	0.036
P-10	0.029
D.E.	0.022
Mediana	0.047
Media	0.042

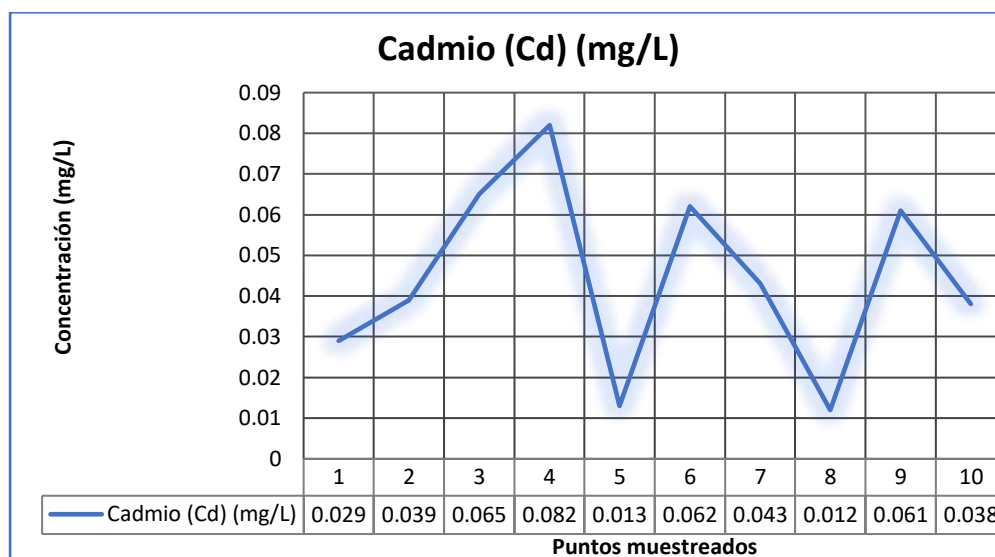
*Fuente:* Centro de investigación y desarrollo tecnológico de material.

**Figura 3.***Niveles de concentración de Arsénico*

El nivel **promedio de Arsénico** es bajo relativamente, considerar los límites regulatorios de los estándares de agua, según sea el caso representaría un riesgo para la salud. La desviación estándar es alta en comparación al promedio, indica alta variabilidad (procesos de fluctuación no homogéneos). La mediana presenta un valor ligeramente más alto que la media. Siendo la concentración más alta en el sector o muestra 7

**Tabla 6***Niveles de concentración de Cadmio*

MUESTRA	Cadmio (Cd) (mg/L)
P-01	0.029
P-02	0.039
P-03	0.065
P-04	0.082
P-05	0.013
P-06	0.062
P-07	0.043
P-08	0.012
P-09	0.061
P-10	0.038
D.E.	0.023
Mediana	0.041
Media	0.030

**Figura 4***Niveles de concentración de Cadmio*

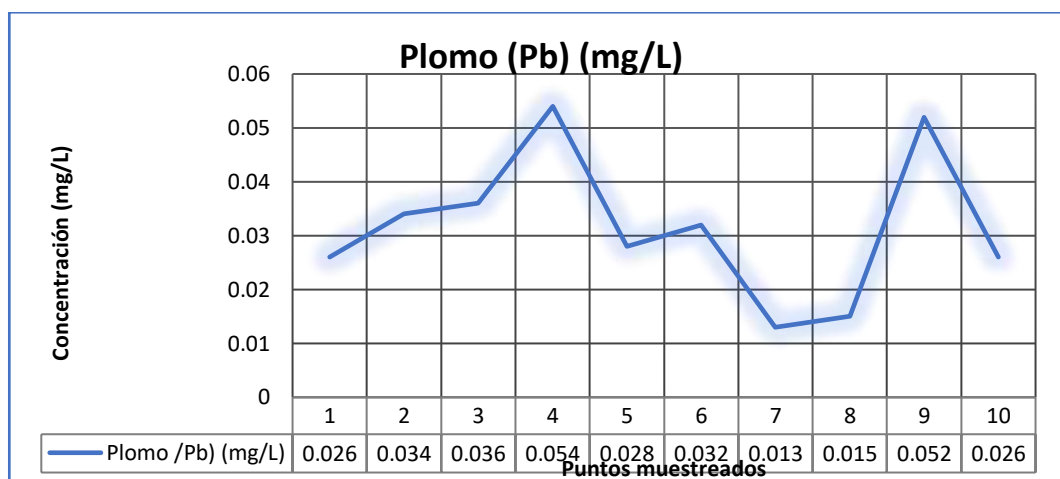
El nivel **promedio de Cadmio** es menor del arsénico es bajo relativamente, según sea el caso representaría un riesgo de toxicidad o no, especialmente a los riñones. La desviación estándar es mayor a del arsénico, ello indica una mayor variabilidad. La media es menor que la mediana, lo que indica un sesgo a la derecha. Siendo la concentración más alta en el sector o muestra 4.

**Tabla 7***Niveles de concentración de Plomo*

MUESTRA	Plomo (Pb) (mg/L)
P-01	0.026
P-02	0.034
P-03	0.036
P-04	0.054
P-05	0.028
P-06	0.032
P-07	0.013
P-08	0.015
P-09	0.052
P-10	0.026
D.E.	0.014
Mediana	0.030
Media	0.026

**Figura 5**

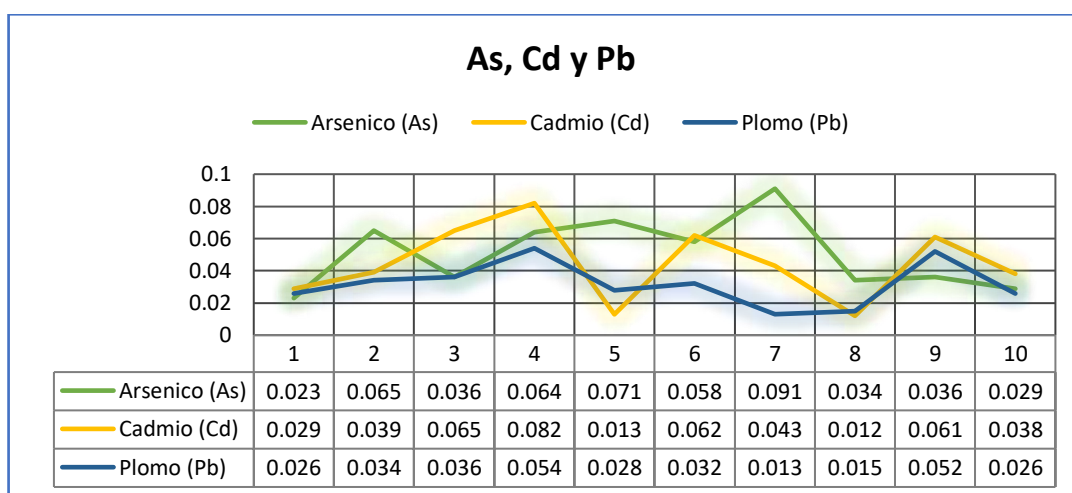
*Niveles de concentración de Plomo*



El nivel **promedio de Plomo**, es cerca al cadmio (considerar los límites regulatorios de los estándares de agua, si pasa más de límite permisible) según sea el caso representaría un riesgo de toxicidad o no, especialmente al sistema nervioso. La desviación estándar es menor en comparación con los demás, ello indica que las concentraciones de plomo son más consistentes y menos variables. Siendo la concentración más alta en el sector o muestra 4 y 9.

**Figura 6**

*Niveles de concentración de metales pesados*



**Relave minero y su magnitud de contaminación.**

Se encontraron altos niveles de elementos pesados en el agua del río, en relación con la ubicación geográfica de los residuos de relave, se debe a que los contaminantes entran al agua bajo la influencia de fenómenos de la naturaleza a los que están expuestos sin ninguna medida de protección que evite la erosión pluvial de los relaves generando un efecto negativo.

## Capítulo V

### Discusión

#### 5.1. Discusión de Resultados.

El primer objetivo de este estudio fue describir cómo influye la contaminación por metales pesados, producto del derrame del relave minero, en el río Santa (Ticapampa, Áncash). Los resultados evidencian que el relave ha generado una presencia significativa de metales pesados en el agua, en especial plomo (Pb), cadmio (Cd) y arsénico (As), lo cual implica una amenaza ambiental. La cercanía del depósito de relaves y la falta de medidas de contención frente a eventos naturales como lluvias o huaicos favorecen la erosión pluvial y la infiltración de estos contaminantes al río. Este hallazgo se alinea con lo planteado por Macklin et al. (2023), quienes determinaron que la contaminación por relaves abandonados representa un peligro mayor que los colapsos ocasionales de presas, debido a su efecto persistente sobre ecosistemas y comunidades.

Respecto al segundo objetivo, identificar los niveles de concentración de los metales pesados en los puntos de muestreo, los valores promedio encontrados fueron: As (0.184 mg/L), Cd (0.043 mg/L) y Pb (valor cercano al Cd, aunque menos variable). Aunque algunos resultados no sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 3, se evidenció una alta variabilidad, lo cual sugiere que podrían existir zonas críticas de concentración puntual. Esto es comparable con los hallazgos de Choudhury et al. (2021), donde Cd y Pb también presentaron valores elevados y una distribución heterogénea, lo que apunta a que la contaminación puede concentrarse en zonas específicas, afectando selectivamente la calidad del agua.

En cuanto al tercer objetivo, describir la magnitud de la contaminación generada por el derrame del relave minero, los resultados muestran una correlación clara entre la ubicación del

relave y la presencia de metales pesados en el río. Este patrón coincide con lo señalado por Fernández (2022), quien encontró que las condiciones geoquímicas del entorno (como el pH y el potencial redox) influyen significativamente en la movilidad de los metales, en especial As y Cd. Asimismo, los altos índices de geoacumulación y de contaminación reportados en ese estudio son comparables con lo observado en el río Santa, donde los sedimentos también podrían actuar como reservorios temporales de metales, incrementando el riesgo en épocas de lluvias.

Al contrastar los resultados con otros estudios nacionales, como los de Riveros (2024) y Esquivel (2024), se encuentra que, aunque en algunos casos los niveles de metales no superan los ECAs, la presencia constante de estos contaminantes ya representa un riesgo, especialmente si se considera la bioacumulación a largo plazo. Riveros, por ejemplo, reportó niveles similares de As y Cd, pero concluyó que no eran excedentes para agua categoría 3. Sin embargo, Esquivel demostró que en ciertos suelos agrícolas los niveles de metales superaban los límites permisibles, lo cual confirma que el entorno se ve afectado incluso si el agua no sobrepasa límites regulatorios inmediatos.

Finalmente, se confirma que la contaminación por metales pesados no solo constituye un problema ambiental, sino también de salud pública y seguridad alimentaria. Como lo advierte Daripa et al. (2023), estos metales, incluso en bajas concentraciones, pueden ser tóxicos y causar enfermedades graves al ingresar en la cadena alimentaria. Por ello, se concluye que el caso del río Santa se enmarca dentro de una problemática más amplia, compartida por cuencas expuestas a pasivos ambientales en Perú y el mundo. Se requiere implementar medidas urgentes de monitoreo, remediación y control, como tratamiento de relaves y planes de mitigación ante eventos naturales, para evitar consecuencias mayores sobre el ecosistema y la salud humana.

## Capítulo VI

### Conclusiones y recomendaciones

#### 6.1. Conclusiones.

- Elementos encontrados en los análisis geoquímicos realizados a los residuos del relave minero Distrito Ticapampa: la roca volcánica a baja temperatura, la mineralogía se encuentra activa en los depósitos polimetálicos Cu-Pb-Zn unidos con Au-Ag. Los elementos plata y estaño, son considerados volátiles.
- Existe influencia de contaminación de los metales pesados, donde el valor del arsénico 0.022 es mayor al límite permisible 0.01 mg/L; tenemos el cadmio 0.023 es superior al límite permisible 0.01 mg/L; pero promedio del plomo 0.014 menor a 0.05 mg/L; debiendo proteger la salud del poblador y al medio ambiente.
- En el Distrito de Ticapampa, debido al acumulamiento de relaves mineros, se demuestra la contaminación del grado de concentración de los metales pesados, sobre el río Santa, Ticapampa.
- Según las gráficas mencionadas en anexo, el nivel de confianza, a más cantidad de muestra las medias estarán comprobando el rango del 95% de certeza de los metales pesados en el río, por el derrame del relave minero con efectos negativos.

## **6.2. Recomendaciones.**

- Se requiere esfuerzo a realizar preparación de las soluciones estándar, reactivos y mantenimiento dentro del laboratorio, para resultados óptimos.
- Utilizar los EPP de acuerdo al área a investigar y desarrollar en el campo obtener las muestras deseadas para salvaguardar la salud.
- En las personas que viven cerca de los ríos y relaves, realizar las investigaciones del grado de contaminación concentración en metales pesados, obteniendo una estadística de estudios
- Llevar a cabo el estudio de suelos, aire y aguas de río, determinando el grado de contaminación de la zona.
- El estado y autoridades locales, deben gestionar ayuda en mejorar la calidad de vida en población, evitando la contaminación por el derrame de relave a causa de la erosión pluvial.

## Capítulo VII

### Fuentes de información

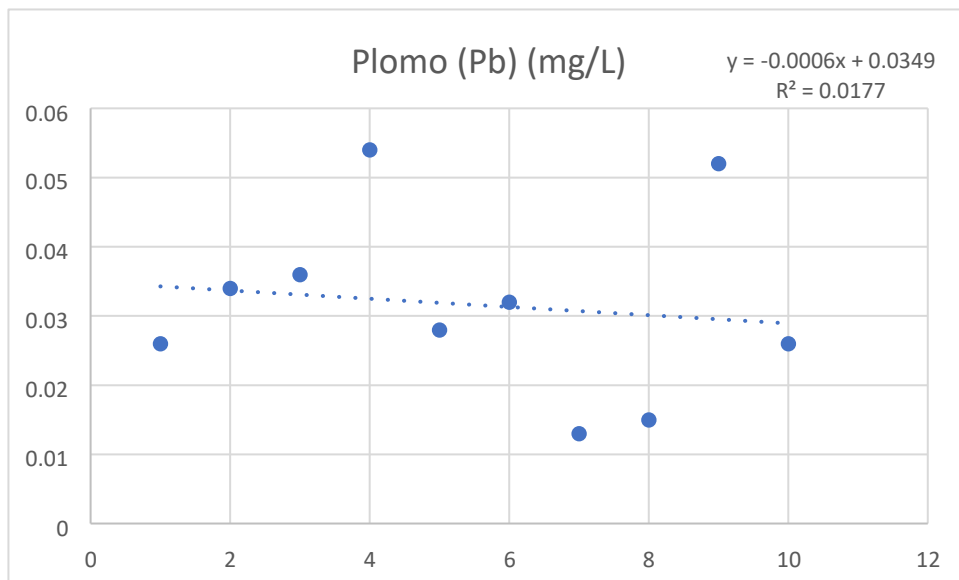
#### 7.1. Referencias.

- Correa, O. (2021). Contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray– Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(1), 26–38.  
<https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.320>
- Dammert. A. (2007). *Panorama de la Minería en el Perú*.  
[https://www.academia.edu/40823945/Panorama\\_de\\_la\\_Miner%C3%ADa\\_en\\_el\\_Per%C3%BA](https://www.academia.edu/40823945/Panorama_de_la_Miner%C3%ADa_en_el_Per%C3%BA)
- De La Cruz, N., Alderete, Á., & Laffón, S. (2013). Acumulación de metales pesados en sedimentos del ecosistema manglar en laguna de términos, campeche, México. *Foresta Veracruzana*, 15(1), 25-30. <https://www.redalyc.org/pdf/497/49728291003.pdf>
- Dusengemungu, L., Mubemba, B., & Gwanama, C. (2022). Evaluation of heavy metal contamination in copper mine tailing soils of Kitwe and Mufulira, Zambia, for reclamation prospects. *Scientific Reports*, 12(1), 11283.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-15458-2>
- Esquivel, B. (2024) *Contaminación por Pb, As y Cd, sobre aguas, suelos y cultivos, en la cuenca del río Moche, La Libertad, Perú 2022*. Universidad Nacional de Trujillo  
<https://dspace.unitru.edu.pe/items/3b7e8101-6f1b-43e1-974c-860c7f9de10b>
- Fernández, B. (2022) *Movilidad de los metales pesados y su incidencia con los parámetros químicos en relaves mineros de la planta concentradora de Tiquillaca UNA-Puno*. Universidad Alas Peruanas.  
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20371>

- Ferrovial (2025) *Qué son las aguas residuales y cómo tratarlas*.  
<https://www.ferrovial.com/es/recursos/aguas-residuales/>
- Gonzales, M. (2024, octubre 22). *Creciente preocupación en Perú por pasivos mineros: 6,000 riesgos ambientales nocivos para el agua, suelo y agua*. infobae.  
<https://www.infobae.com/peru/2024/10/22/creciente-preocupacion-en-peru-por-pasivos-mineros-6000-riesgos-ambientales-nocivos-para-el-agua-suelo-y-agua/>
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2023). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. 2 da edición. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill Education
- Loayza, J. (2025). *Contaminación de los efluentes líquidos de mina y su impacto en el sistema acuático superficial de la zona Otonaga - Ayacucho - 2021*. Unica.edu.pe; Universidad Nacional San Luis Gonzaga. <https://repositorio.unica.edu.pe/items/344db386-89a3-4265-a5ad-218b4473d3b8>
- Macklin, M., Thomas, C., Mudbharkar, A., Brewer, P., Hudson, K., Lewin, J., Scussolini, P., Eilander, D., Lechner, A., Owen, J., Bird, G., Kemp, D., & Mangalaa, K. (2023). Impacts of metal mining on river systems: a global assessment. *Science (New York, N.Y.)*, 381(6664), 1345–1350. <https://doi.org/10.1126/science.adg6704>
- Malaga, M. (2022) *Efectos de la contaminación de los relaves mineros sobre la calidad del agua del río Colca*. Universidad Nacional de San Agustín.  
<http://hdl.handle.net/20.500.12773/15696>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2022) *Metales pesados*. España. [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/emisiones-a-la-atmosfera/emisiones-problematica-ambiental/metales\\_pesados.html](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/emisiones-a-la-atmosfera/emisiones-problematica-ambiental/metales_pesados.html)

- National Geographic (2017, noviembre 9) *La contaminación del agua constituye una crisis mundial creciente. Esto es lo que hay que saber.*  
<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/contaminacion-del-agua>
- Qi, Y., Wei, X., Zhao, M., Pan, W., Jiang, C., Wu, J., & Li, W. (2022). Heavy metal pollution characteristics and potential ecological risk assessment of soils around three typical antimony mining areas and watersheds in China. *Frontiers in environmental science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.913293>
- Riveros, R. (2024) *Concentración de metales pesados (Hg, As, Cd) en aguas superficiales del río escalera en relación a los estándares de calidad de aguas, Huachocolpa – 2023.* Universidad Nacional de Huancavelica. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/3644c040-6997-4dee-b1db-02400ddd61ec>
- Wayka. (2023, marzo 28). *Agua de Lima en peligro por relaves mineros cerca al río Rímac.*  
<https://wayka.pe/agua-de-lima-en-peligro-por-relaves-mineros-cerca-al-rio-rimac/>
- Williams, D. J. (2021). Lessons from tailings dam failures—where to go from here? *Minerals (Basel, Switzerland)*, 11(8), 853. <https://doi.org/10.3390/min11080853>
- Zhao, P., Chen, J., Liu, T., Wang, Q., Wu, Z., & Liang, S. (2023). Heavy metal pollution and risk assessment of tailings in one low-grade copper sulfide mine. *Frontiers in environmental science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1132268>

## ANEXO

*Anexo 1. Pruebas de concentraciones.***Figuras****Concentración de Plomo**


---

*Plomo (Pb)*

---



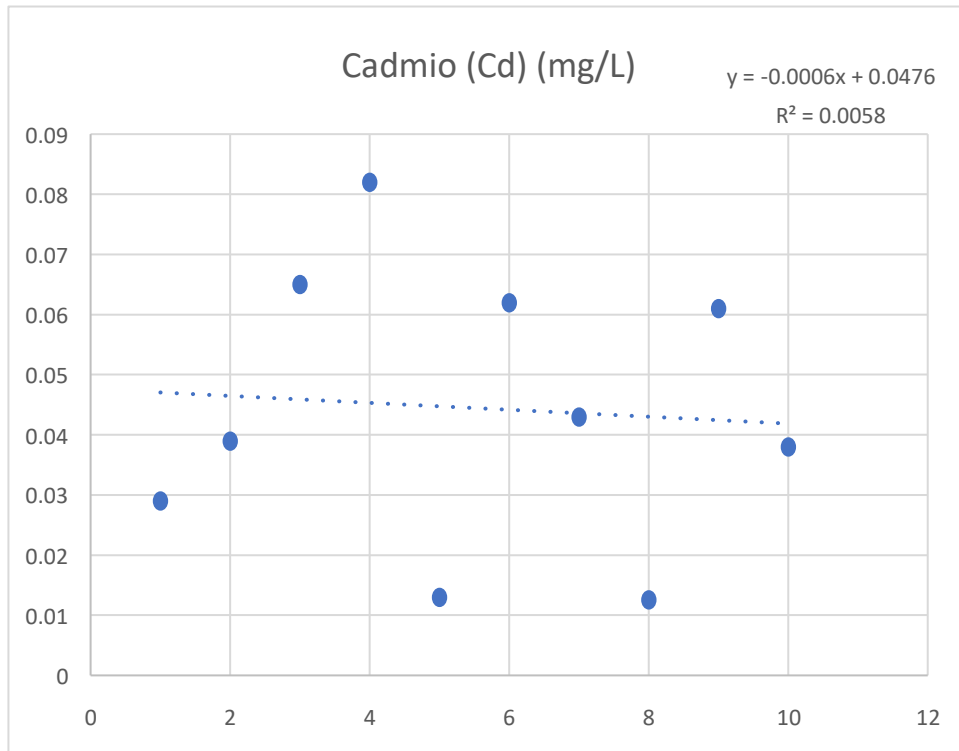
---

Nivel de confianza (95.0%) 0.00965776

---

0.026 mg/L  $\pm$  0.0097 mg/L, es decir, entre 0.0163 mg/L y 0.0357 mg/L. A medida que se tomen más muestras, la media estaría fluctuando en ese rango, con 95% de certeza.

## Concentración de Cadmio




---

*Cadmio (Cd)*

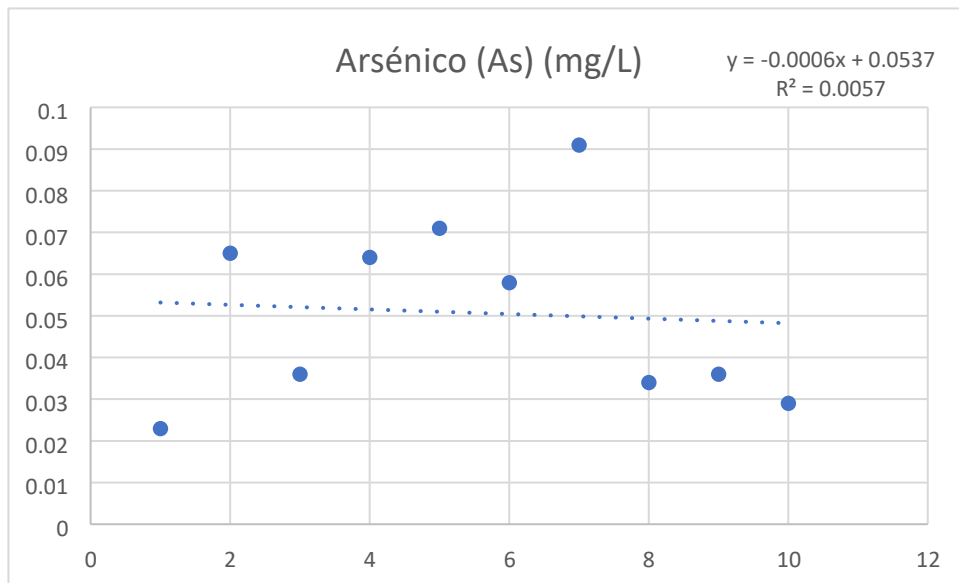
---

Nivel de confianza (95.0%)    0.01639929

---

0.031 mg/L  $\pm$  0.0164 mg/L, es decir, entre 0.0146 mg/L y 0.0474 mg/L. A medida que siga más muestras la media estaría fluctuando en ese rango, con 95% de certeza.

## Concentración de Arsénico




---

*Arsénico (As)*

---

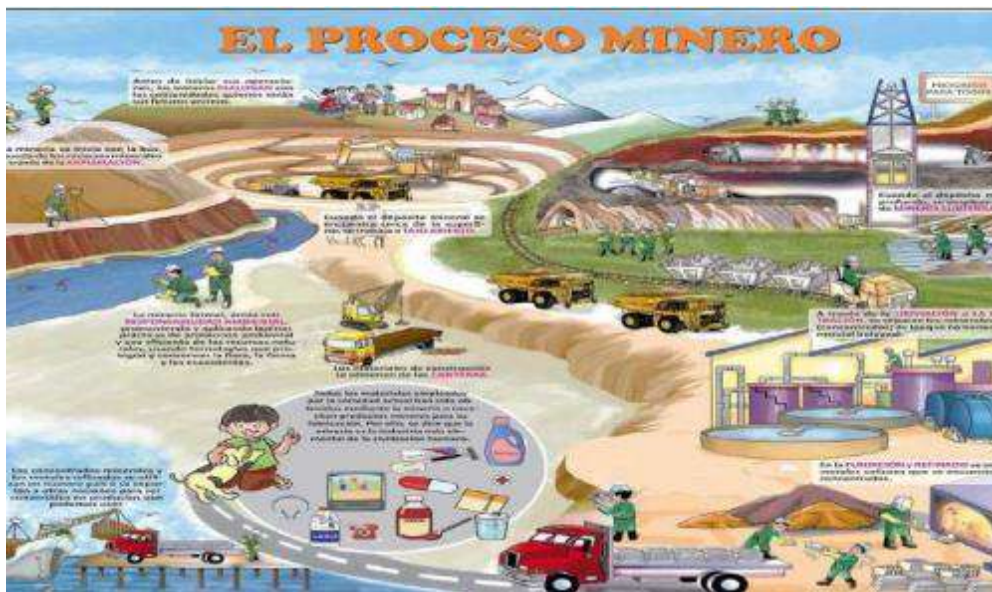
Nivel de confianza (95.0%) 0.01585322

---

0.042 mg/L  $\pm$  0.0159 mg/L, es decir, entre 0.0261 mg/L y 0.0579 mg/L. A medida que se tome más muestras la media estaría fluctuando en ese rango, con 95% de certeza.

## Anexo 2. Fotografías

### Proceso de la actividad minera



Fuente: [www.tercerainformacion.com](http://www.tercerainformacion.com)

### Acumulación de relaves



Fuente: Propia

*Toma de muestras del desecho de relaves minero*



*Instalaciones de un depósito de relaves*



*Fuente propia: Visita a la relavera de la Minera Ticapampa*



Muestra extraída del relave minero

### Mapa de los Puntos de muestreo del relave Minero de Ticapampa



*Fuente: Propia*

Nota: Los Límites Permisibles, En Perú, de contaminantes en el agua están establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) y la Autoridad Nacional del

Agua (ANA). Aquí tienes los límites para algunos contaminantes relevantes:

- o **Arsénico: Límite permisible:** 0.01 mg/L (10 µg/L)
- o **Plomo: Límite permisible:** 0.05 mg/L (50 µg/L)
- o **Cadmio: Límite permisible:** 0.01 mg/L (10 µg/L)