

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación de sedimentos para control de impactos ambientales a
cuerpos receptores de agua influenciado por componentes
mineros; Unidad Minera Animón, 2023**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Bach. Jhosselyn Marcia CARHUACHIN SAEZ

Bach. Kleider Jhefferson RICRA VALDEZ

Asesor:

Ing. Miguel Ángel BASUALDO BERNUY

Cerro de Pasco – Perú - 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación de sedimentos para control de impactos ambientales a
cuerpos receptores de agua influenciado por componentes
mineros; Unidad Minera Animón, 2023**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
PRESIDENTE

Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS
MIEMBRO

Mg. Josué Hermilio DIAZ LAZO
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 320-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Evaluación de sedimentos para control de impactos ambientales a cuerpos receptores de agua influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón, 2023

Apellidos y nombres de los tesistas

Bach. Jhosselyn Marcia, CARHUACHIN SAEZ

Bach. Kleider Jhefferson, RICRA VALDEZ

Apellidos y nombres del Asesor:

Ing. Miguel Ángel, BASUALDO BERNUY

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

12 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 12 de setiembre del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 12.09.2025 18:55:38 -05:00

DEDICATORIA

Nosotros, Jhosselyn y Kleider; dedicamos este trabajo de investigación a nuestras familias, pilares fundamentales que con su amor, paciencia y apoyo incondicional nos acompañaron en cada etapa de nuestra formación académica y personal.

A nuestros padres, por enseñarnos el valor del esfuerzo, la perseverancia y la honestidad.

A nuestros hermanos y seres queridos, por brindarnos palabras de aliento en los momentos difíciles y compartir con nosotros cada logro alcanzado.

De manera especial, dedicamos esta tesis a todas aquellas personas que creyeron en nosotros y nos motivaron a seguir adelante, incluso cuando el camino parecía complejo.

Este logro es también suyo.

Con gratitud,
Jhosselyn Carhuachin Saez.
Kleider Ricra Valdez.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por guiarnos en cada paso de este camino académico, brindándonos salud, paciencia y la fe necesaria para no rendirnos ante las dificultades.

De manera muy especial, expresamos nuestra gratitud a nuestras familias, quienes, con su amor incondicional, comprensión y apoyo constante hicieron posible la culminación de esta meta. Gracias por ser nuestro ejemplo, por alentarnos en los momentos difíciles y celebrar junto a nosotros cada logro alcanzado.

Este trabajo de investigación es también fruto de su esfuerzo, dedicación y confianza en nosotros.

Con gratitud,

Jhosselyn Carhuachin Saez.

Kleider Ricra Valdez.

RESUMEN

Frente a esta problemática regional, la presente investigación se centró en evaluar la presencia de sedimentos como herramienta para el control de impactos ambientales a cuerpos receptores de agua influenciados por componentes mineros en la Unidad Minera Animón, ubicada en el distrito de Huayllay, provincia y región de Pasco, Perú. Dicha unidad, de carácter polimetálico, tiene como principal receptor de sus descargas mineras a la Laguna Naticocha, cuerpo de agua que constituye un ecosistema frágil y relevante en la zona altoandina.

El estudio tuvo un enfoque cuantitativo, descriptivo y aplicado, y fue desarrollado bajo un diseño no experimental. Se identificaron estaciones de monitoreo en puntos de descarga y cuerpos receptores, y se evaluaron los niveles de metales pesados en sedimentos mediante análisis certificados por laboratorios acreditados por INACAL.

Los resultados evidenciaron una alta presencia de metales totales (como plomo, zinc y cobre) en los sedimentos, en las estaciones Sed1, Sed2 y Sed3 y estas estaciones de monitoreo están más ligados a los efluentes mineros de la Unidad Minera Animón.

Este hallazgo confirma la hipótesis general de que los sedimentos en cuerpos receptores de agua podrían estar generados por componentes mineros de la Unidad Minera Animón. Asimismo, se verificó que estos sedimentos contienen metales acumulados con potencial impacto en la biota acuática, afectando el equilibrio del ecosistema y la calidad del recurso hídrico.

Finalmente, la investigación propone que los sedimentos no solo actúan como vehículos de contaminación, sino también como indicadores de riesgo ambiental, por lo que su monitoreo debe ser parte integral de los planes de control ambiental en zonas mineras. Los hallazgos del presente estudio ofrecen evidencia científica útil para el diseño de estrategias de remediación, fortalecimiento del control ambiental y gestión sostenible del recurso hídrico.

Palabras claves: Sedimentos, impacto ambiental, cuerpos receptores de agua, actividad minera, metales pesados, recursos hídricos, Unidad Minera Animón y Laguna Naticocha

ABSTRACT

In response to this regional issue, the present research focused on evaluating the presence of sediments as a tool for controlling environmental impacts on water-receiving bodies influenced by mining components at the Animon Mining Unit, located in the district of Huayllay, province and region of Pasco, Peru. This polymetallic unit discharges primarily into Lake Naticocha, a fragile and ecologically significant high-Andean aquatic ecosystem.

The study adopted a quantitative, descriptive, and applied approach, and was conducted under a non-experimental design. Monitoring stations were identified at discharge points and receiving bodies, and heavy metal levels in sediments were evaluated through analyses certified by laboratories accredited by INACAL.

The results revealed a high presence of total metals (such as lead, zinc, and copper) in sediments at stations Sed1, Sed2, and Sed3, which are more closely linked to mining effluents from the Animon Mining Unit.

This finding confirms the general hypothesis that sediments in water-receiving bodies may originate from mining components of the Animon Mining Unit. Furthermore, it was verified that these sediments contain accumulated metals with potential impacts on aquatic biota, affecting the ecosystem's balance and water quality.

Finally, the research proposes that sediments act not only as vehicles of contamination but also as indicators of environmental risk. Therefore, their monitoring should be an integral part of environmental control plans in mining areas. The findings of this study provide scientific evidence to support the design of remediation strategies, enhanced environmental control, and sustainable water resource management.

Keywords: Sediments, environmental impact, water-receiving bodies, mining activity, heavy metals, water resources, Animon Mining Unit, Lake Naticocha.

INTRODUCCIÓN

La actividad minera, aunque fundamental para la economía sudamericana, ha generado impactos ambientales significativos, especialmente en los recursos hídricos. En el 80 % de los 173 ríos afectados por la minería se ha registrado un aumento en la carga de sedimentos, lo que ha provocado alteraciones en la biodiversidad, dispersión de metales pesados, daños estructurales y cambios en los cauces fluviales.

En el caso peruano, la presencia de sedimentos con alto contenido de metales pesados en cuerpos de agua cercanos a operaciones mineras ha sido poco estudiada, especialmente en regiones altoandinas. Esta situación es preocupante, ya que los sedimentos no solo alteran la calidad del agua, sino que también se convierten en reservorios de contaminantes que afectan de manera prolongada los ecosistemas acuáticos.

La presente investigación se desarrolló en la Unidad Minera Animón, ubicada en el distrito de Huayllay, provincia y región de Pasco, Perú. Esta unidad, de tipo polimetálico, descarga sus efluentes principalmente en la Laguna Naticocha, un ecosistema andino frágil y vital para la biodiversidad local. El objetivo central del estudio fue evaluar la presencia de sedimentos como herramienta para el control de impactos ambientales en cuerpos receptores de agua influenciados por componentes mineros.

El enfoque metodológico fue cuantitativo, descriptivo y aplicado, con un diseño no experimental. Se identificaron estaciones de monitoreo y se analizaron sedimentos recolectados en las inmediaciones de cuerpos de agua influenciados por las operaciones mineras, evaluando la concentración de metales pesados como plomo, zinc y cobre mediante análisis certificados por laboratorios acreditados por INACAL.

Los resultados obtenidos permitirán comprender mejor la relación entre las actividades mineras y la acumulación de sedimentos contaminados en cuerpos receptores. Asimismo, proporcionarán evidencia científica útil para fortalecer las estrategias de remediación, monitoreo ambiental y gestión sostenible del recurso hídrico en zonas mineras de alta sensibilidad ecológica.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	3
1.3. Formulación del problema.....	3
1.3.1. Problema general	3
1.3.2. Problemas Específicos:.....	4
1.4. Formulación de objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos:.....	4
1.5. Justificación de la investigación	5
1.5.1. Justificación teórica	5
1.5.2. Justificación ambiental	5
1.5.3. Justificación social.....	5
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio	6
2.1.1. Antecedentes Internacional	6
2.1.2. Antecedente a nivel nacional.....	9

2.1.3.	Antecedentes a nivel local	10
2.2.	Bases teóricas - científicas	11
2.2.1.	Sedimentos	11
2.2.2.	Los sedimentos, en cuanto contaminantes físicos	11
2.2.3.	Los sedimentos, en cuanto contaminantes químicos	12
2.2.4.	Cuerpo de agua:.....	13
2.2.5.	Componente minero:.....	13
2.2.6.	¿Qué es el escurrimiento de aguas pluviales?	14
2.2.7.	Unidad Minera Animón	15
2.2.8.	¿Qué es el monitoreo ambiental?.....	15
2.2.9.	El muestreo ambiental.....	16
2.3.	Definición de los términos básicos	16
2.3.1.	Áreas de influencia	16
2.3.2.	Contaminante	16
2.3.3.	Concentración	16
2.3.4.	Lago	17
2.3.5.	Laguna	17
2.3.6.	Lixiviado	17
2.3.7.	Río	17
2.3.8.	Vertimiento	17
2.4.	Formulación de hipótesis	17
2.4.1.	Hipótesis general.....	17
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	18
2.5.	Identificación de las variables	18
2.5.1.	Variable independiente.....	18
2.5.2.	Variable dependiente.....	18
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	19

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación	20
3.2. Nivel de la investigación	20
3.3. Métodos de investigación	21
3.4. Diseño de la investigación	21
3.5. Población y muestra	21
3.5.1. Población	21
3.5.2. Muestra	21
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	22
3.6.1. Técnicas.....	22
3.6.2. Instrumentos.....	22
3.7. Técnicas de procesamientos y análisis de datos	22
3.8. Tratamiento estadístico.....	22
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.....	22

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de campo	23
4.1.1. Ubicación de la zona a investigar	23
4.1.2. Accesibilidad	23
4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	26
4.2.1. Componentes mineros	26
4.2.2. Laguna Naticocha	31
4.2.3. Ubicación de las estaciones de monitoreo de sedimentos.....	32
4.2.4. Procedimiento de toma de muestra de sedimentos	35
4.2.5. Resultado de la presencia de sedimentos	36
4.2.6. Control de Impactos Ambientales a Cuerpos Receptores de Agua.....	46
4.3 Prueba de hipótesis	49

4.4 Discusión de resultados..... 50

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1 <i>UBICACIÓN DE LA UNIDAD MINERA ANIMON</i>	25
MAPA 2 <i>UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE SEDIMENTOS</i>	34

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: <i>DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES</i>	19
TABLA 2: <i>ESTACIONES DE MONITOREO</i>	33
TABLA 3: <i>RESULTADOS DE METALES PRESENTES EN LOS SEDIMENTOS</i>	36

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1 <i>IMAGEN DE LAS ÁREAS DE OPERACIONES Y PLANTA DE LA UNIDAD MINERA ANIMÓN</i>	29
IMAGEN 2 <i>VISTA DE LAS POZAS DE SEDIMENTACIÓN</i>	30
IMAGEN 3 <i>VISTA DE LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS A LA LAGUNA NATICOCHA</i>	31
IMAGEN 4 <i>ACTIVIDADES DE MONITOREO DE LA LAGUNA NATICOCHA</i>	35

ÍNDICE DE GRAFICO

GRÁFICO 1 <i>PRESENCIA DE ALUMINIO EN LOS SEDIMENTOS EN LA LAGUNA NATICOCHA</i>	37
GRÁFICO 2 <i>PRESENCIA DE ARSÉNICO EN LOS SEDIMENTOS EN LA LAGUNA NATICOCHA</i>	38
GRÁFICO 3 <i>PRESENCIA DE CADMIO EN LOS SEDIMENTOS EN LA LAGUNA NATICOCHA</i>	39
GRÁFICO 4 <i>PRESENCIA DE COBRE EN LOS SEDIMENTOS EN LA LAGUNA NATICOCHA</i>	40
GRÁFICO 5 <i>PRESENCIA DE CROMO EN LOS SEDIMENTOS EN LA LAGUNA NATICOCHA</i>	41
GRÁFICO 6 <i>PRESENCIA DE HIERRO EN LOS SEDIMENTOS EN LA LAGUNA NATICOCHA</i>	42
GRÁFICO 7 <i>PRESENCIA DE PLOMO EN LOS SEDIMENTOS EN LA LAGUNA NATICOCHA</i>	43
GRÁFICO 8 <i>PRESENCIA DE MERCURIO EN LOS SEDIMENTOS EN LA LAGUNA NATICOCHA</i> ...	44
GRÁFICO 9 <i>PRESENCIA DE ZINC EN LOS SEDIMENTOS EN LA LAGUNA NATICOCHA</i>	45

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

En países sudamericanos el 80 % de los 173 ríos impactados aumentó su carga de sedimentos, lo que ha provocado problemas como alteraciones en la biodiversidad acuática, una mayor dispersión de metales río abajo, daños en infraestructuras, mortandad de peces y modificaciones en el cauce de los ríos (Paz Antonio, 2023).

La cantidad de sedimentos aumentó en al menos el 23 % de la longitud total de los 173 ríos, lo que representa un impacto de alrededor de 35,000 kilómetros de aguas dulces. Los científicos opinan que es necesario realizar más investigaciones en las áreas tropicales y establecer controles ambientales más rigurosos (Paz Antonio, 2023).

La investigación reveló que más del 80 % de las áreas con actividad minera se localizan en las regiones tropicales de Sudamérica, Asia, África y Oceanía. Además, el 90 % de estas actividades mineras se centra en la extracción de oro, lo que está impactando a 173 ríos importantes, de los cuales el 80 % ha visto un aumento en su carga de sedimentos en comparación con los años previos a la minería (Paz Antonio, 2023).

Otro de los descubrimientos de la investigación indica que, en 30 países donde la minería impacta ríos, la cantidad de sedimentos aumentó al menos en el 23 % del total del trayecto de estos cuerpos de agua, lo que equivale a una afectación de alrededor de 35,000 kilómetros de ríos (Paz Antonio, 2023).

El transporte de sedimentos en ríos es un proceso natural esencial para mantener su estructura y hábitat. Sin embargo, la sedimentación excesiva puede hacer que los ríos se vean turbios, afectando la claridad del agua y provocando problemas aguas abajo. Además, el sedimento en suspensión puede acumularse en embalses, reduciendo su capacidad y limitando funciones como el control de inundaciones y el suministro de agua, lo que también puede afectar la generación de energía hidroeléctrica.

El aumento de sedimentación puede alterar no solo la forma y el curso del río, sino también sus ecosistemas, esto afecta a los hábitats de diversas especies, alterando el plancton, que es fundamental en la cadena alimentaria, lo que a su vez impacta a mamíferos, reptiles y aves que dependen de los peces. El estudio también revela que la sedimentación elevada, especialmente debido a la minería, está vinculada a un incremento de enfermedades y mortalidad en la fauna acuática no adaptada a esas condiciones. Las larvas y peces jóvenes son particularmente vulnerables, sufriendo obstrucción de branquias y degradación de sus hábitats. La extracción de minerales en los ríos puede generar aumentos prolongados de sedimentos en suspensión, con efectos perjudiciales y a veces mortales en pocas semanas, afectando a especies tanto de aguas claras como a aquellas adaptadas a altas concentraciones de sedimento (Paz Antonio, 2023).

En nuestro país muy poco se estudia la presencia de sedimentos que genera la minería y su impacto a los recursos hídricos e hidrobiológicos por lo que es de importancia evaluar y modelo de la presente investigación para el

control de impactos ambientales a cuerpos receptores de agua influenciado por componentes mineros en la Unidad Minera Animón.

1.2. Delimitación de la investigación

▪ Delimitación espacial:

El estudio se llevará a cabo en el ámbito de influencia de la Unidad Minera Animón, ubicada en el distrito de Huayllay, provincia y región de Pasco, Perú. Se enfocará específicamente en los cuerpos de agua receptores que se ven afectados por las descargas y escorrentías relacionadas con las actividades mineras de dicha unidad.

▪ Delimitación temporal:

La evaluación se centrará en los datos recopilados durante el año 2023, considerando tanto las muestras de sedimentos como la información complementaria obtenida en ese periodo.

▪ Delimitación temática:

La investigación se enfocará en la evaluación de sedimentos como herramienta para el control y monitoreo de impactos ambientales en cuerpos de agua receptores. Se analizarán los niveles de metales pesados y otros parámetros fisicoquímicos presentes en los sedimentos, con el objetivo de determinar el grado de afectación ambiental asociado a las actividades mineras. No se considerarán otros tipos de impactos ambientales ni se incluirán cuerpos de agua fuera del área de influencia directa de la Unidad Minera Animón.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la presencia de sedimentos para control de impactos ambientales a cuerpos receptores de agua influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón, 2023?

1.3.2. Problemas Específicos:

- a. ¿Qué recursos hídricos se encuentra como cuerpos receptores de agua influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón, 2023?
- b. ¿Cuál es la presencia de metales totales en sedimentos para control de impactos ambientales a cuerpos receptores de agua influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón, 2023?
- c. ¿Cómo está afectando los sedimentos a los recursos hídricos influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón, 2023?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la presencia de sedimentos para control de impactos ambientales a cuerpos receptores de agua influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón, 2023.

1.4.2. Objetivos específicos:

- a. Identificar los recursos hídricos que se encuentra como cuerpos receptores de agua influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón, 2023.
- b. Determinar la presencia de metales totales en sedimentos para control de impactos ambientales a cuerpos receptores de agua influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón, 2023.
- c. Evaluar la afectación de los sedimentos a los recursos hídricos influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón, 2023.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

La investigación se justifica ya que a la fecha no se tenía información primaria de la presencia de sedimentos en la afectación de los recursos hídricos al contorno de la Unidad Minera Animón por lo que es de importancia la investigación y de la generación de información.

1.5.2. Justificación ambiental

La información ayudara a tener información para el control de la presencia de sedimentos influenciado por los componentes de las Unidad Minera Animón y en base a ello su control de la presencia de sedimentos presentes en estos recursos hidrológicos.

1.5.3. Justificación social

La presente investigación tiene un alto valor social, dado que aborda uno de los principales desafíos ambientales que afectan a las comunidades cercanas a actividades extractivas: la calidad del agua en los cuerpos receptores influenciados por sedimentos contaminados. En particular, la Unidad Minera Animón, ubicada en una zona donde convergen intereses económicos, sociales y ecológicos, representa un caso crítico para evaluar los impactos potenciales derivados del arrastre de metales pesados y otros contaminantes.

1.6. Limitaciones de la investigación

La limitación para el desarrollo de la investigación es el acceso constante a la zona de estudio, ya que se encuentra dentro del área de actividades de la Unidad Minera Animón.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes Internacional

(Castillo, Alba, 2010) en su investigación "*Control de sedimentos en pequeña minería aurífera en hoja de lata, municipio Sifontes, estado Bolívar*" donde detalla: El proyecto de pequeña minería de oro Hoja de Lata se localiza en el municipio Sifontes, en el estado Bolívar, dentro de los límites de la Reserva Forestal Imataca. Durante muchos años, la minería se ha llevado a cabo de manera irresponsable, provocando daños al medio ambiente. La producción excesiva de sedimentos impacta de manera significativa los cauces naturales de ríos y quebradas, deteriorando los ecosistemas tanto terrestres como acuáticos. Este estudio tiene como objetivo generar conocimientos y herramientas para el manejo de residuos sólidos en suspensión que se vierten en las fuentes hídricas de la región, específicamente en la cuenca del río Botanamo, como resultado de la pequeña minería de oro en Hoja de Lata, contribuyendo así a la búsqueda de un desarrollo sostenible en la extracción mineral. La investigación se centra en asegurar que la explotación de los recursos minerales respete el patrimonio natural y se realice de manera racional, proporcionando oportunidades para la transferencia de tecnología que, junto con

la implementación de prácticas y tecnologías adecuadas de control del impacto ambiental, permitan al sector minero operar de manera que sea compatible con el crecimiento económico, el desarrollo social y el equilibrio ecológico. Como resultado de este estudio, se ha llevado a cabo un diagnóstico del proceso minero-ambiental, identificando que los principales responsables de la emisión de sedimentos son las lagunas de sedimentación, las pilas de material no conforme y la vía multiuso que cruza la quebrada sin nombre. También se han establecido indicadores de sostenibilidad económicos, sociales y ambientales que son valiosos para el análisis y diseño de medidas de control de sedimentos. Por otro lado, se proponen medidas para el control y manejo de sedimentos que la Cooperativa Minera debería considerar e implementar, tales como la creación de barreras de protección, sistemas de impermeabilización y la construcción de depósitos para almacenar material no conforme, entre otras tecnologías necesarias. Finalmente, se relacionan los efectos ecológicos con factores sociales relacionados con el uso del territorio, con el objetivo de lograr la sostenibilidad de la actividad minera.

(Gutiérrez, Margarita; Romero, Francisco y González, Galia, 2009) en su investigación "Suelos y sedimentos afectados por la dispersión de jales inactivos de sulfuros metálicos en la zona minera de Santa Bárbara, Chihuahua, México" donde detalla: Se realizó un estudio de los depósitos de jales inactivos en la Unidad Minera Santa Bárbara para evaluar su impacto ambiental en los suelos y sedimentos circundantes. Se examinó tanto la concentración total de los elementos potencialmente tóxicos (EPT) como su concentración soluble en agua, con el fin de determinar su capacidad de lixiviación y el potencial de contaminación de otros medios abióticos en el entorno. Los valores de pH de los jales oxidados se acercaron a la neutralidad, lo que sugiere que la disolución de minerales con capacidad de neutralización ha consumido la acidez producida por la oxidación de los sulfuros metálicos presentes en estos jales. Se

encontraron altas concentraciones totales de Zn (1,762 – 21,059 mgkg⁻¹), Pb (972 – 16,881 mgkg⁻¹), As (410 – 3,281 mgkg⁻¹) y Cu (472 – 2,415 mgkg⁻¹). Las concentraciones totales de otros elementos analizados en los jales fueron relativamente bajas (Ba: 62 – 586 mgkg⁻¹, Cd: 10 – 239 mgkg⁻¹ y Se: 1 – 10 mgkg⁻¹), y algunos no fueron detectados por las técnicas analíticas en el caso de Cr, Ni, Hg y Ag. Sin embargo, las concentraciones de EPT solubles en agua resultaron bajas (Zn < 2.0 mg l⁻¹, Pb < 0.07 mg l⁻¹, As < 0.05 mg l⁻¹, Cu < 0.02 mg l⁻¹, Cd < 0.2 mg l⁻¹ y Fe < 0.25 mg l⁻¹). Estas bajas concentraciones de EPT solubles, junto con los valores de pH cercanos a la neutralidad, sugieren que el potencial de estos jales para generar drenaje ácido es bajo. En las muestras de suelos y sedimentos superficiales alrededor de las presas de jales, las concentraciones totales de Zn, Pb, Cu, As y Cd fueron superiores a la mediana de los valores de fondo natural establecidos en este estudio (974 mgkg⁻¹ Zn, 947 mgkg⁻¹ Pb, 190 mgkg⁻¹ Cu, 342 mgkg⁻¹ As y 28 mgkg⁻¹ Cd). Estos hallazgos indican que los suelos y sedimentos están contaminados debido a la dispersión de los jales. Sin embargo, las concentraciones de EPT solubles en agua fueron bajas: Cu < 0.16 mg l⁻¹ y Cd < 0.005 mg l⁻¹. En 39 de un total de 47 muestras (incluyendo muestras superficiales y subsuperficiales), las concentraciones de Pb soluble en agua estuvieron por debajo del límite de detección (0.07 mg l⁻¹), y solamente ocho muestras presentaron concentraciones de 0.1 a 0.89 mg l⁻¹. Las concentraciones de As soluble en agua oscilaron entre 0.0005 y 0.65 mg l⁻¹, mientras que las de Zn variaron entre 0.02 y 2.85 mg l⁻¹. La escasa disponibilidad de los elementos potencialmente tóxicos indica que estos suelos y sedimentos contaminados no constituyen un riesgo ambiental significativo bajo las condiciones actuales. Esto se respalda con el hecho de que en las aguas subterráneas someras se detectaron concentraciones muy bajas de elementos potencialmente tóxicos, que se encuentran por debajo de los límites establecidos para el agua potable.

2.1.2. Antecedente a nivel nacional

(Quispe, Raul; Quispe, Germán; Chui, Hber; Cáceres, Samuel y Yábar, Percy, 2016) en su investigación “Concentración de metales pesados: cromo, cadmio y plomo en los sedimentos superficiales en el río Coata, Perú” donde detalla: En este artículo se presenta un estudio sobre la identificación de metales pesados, específicamente cromo (Cr), cadmio (Cd) y plomo (Pb), en sedimentos superficiales de la cuenca baja del río Coata, que es la principal corriente fluvial que desemboca en el lago Titicaca en Perú. Se realizó una evaluación de la contaminación en cuerpos de agua, sedimentos y otros aspectos de la diversidad ecológica. La medición se efectuó en dos momentos del año 2017, durante la temporada de lluvias y en época de sequía, en cinco puntos clave. Las concentraciones mínimas y máximas encontradas fueron de 4.10 mg/kg de Cr, 0.10 mg/kg de Cd y 3.75 mg/kg de Pb, hasta 28.42 mg/kg de Cr, 0.70 mg/kg de Cd y 16.50 mg/kg de Pb, respectivamente. Algunos de los valores mínimos detectados superan los límites aceptables establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo del Ministerio del Ambiente de Perú. Las posibles fuentes de la contaminación observada están relacionadas con actividades humanas, especialmente el impacto de las aguas residuales de la ciudad de Juliaca. La cuantificación de estos metales se llevó a cabo mediante espectroscopia de absorción atómica, siguiendo el método EPA.

(Alegre, Laura, 2022) en su investigación “Evaluación del riesgo de exposición de metales pesados en el agua sobre las poblaciones adyacentes de las quebradas Pacchac y Pucaurán Huaraz-Ancash, entre los años 1996 al 2014” donde detalla: Este estudio investiga el riesgo de exposición a metales pesados (arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc) en niños y adultos de comunidades cercanas a las quebradas Pacchac y Pucauran, tras el tratamiento y descarga de agua de la operación minera Pierina entre 1996 y 2014, antes y después de su instalación. Se realizó un estudio descriptivo en estas

comunidades, que anteriormente usaban el agua de las quebradas para beber. Para evaluar el riesgo de exposición, se aplicó la Metodología de Identificación y Evaluación de Riesgos para la Salud en Sitios Contaminados, basada en la propuesta de Díaz-Barriga (CEPIS) y complementada por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (2008). Se recopilaron datos de monitoreos de calidad del agua reportados al MINEM. Los hallazgos indican que tanto niños como adultos ya estaban expuestos a altos niveles de metales pesados antes del inicio de las operaciones mineras, probablemente debido a contaminantes existentes en la zona, y continuaron en riesgo durante las actividades de la mina, especialmente por la presencia de arsénico y plomo en el agua consumida.

2.1.3. Antecedentes a nivel local

(Dan Collyns, 2024) en su investigación de su tesis intitulado “Comunidades envenenadas por la minería en Cerro de Pasco exigen que se les atienda” donde como resumen detalla Desde 2009, la ONG Source International ha estado investigando la contaminación ambiental en Cerro de Pasco, enfocándose en las áreas de Paragsha y Champamarca, así como en el río Ragra y los lagos Quiulacocha y Yanamate, que se han convertido en vertederos de desechos mineros. Su estudio más reciente, publicado en agosto, reveló niveles alarmantemente altos de metales pesados como plomo, arsénico, mercurio y cadmio en el agua, el suelo, el aire, y en alimentos y espacios públicos frecuentados por niños. Los niveles de estos contaminantes superan los límites de seguridad establecidos tanto en Perú como a nivel internacional. Estos metales pesados son conocidos por su relación con el cáncer y otras enfermedades. Por ejemplo, el envenenamiento por plomo puede afectar el comportamiento y el aprendizaje en los niños, además de causar anemia y daño a órganos vitales. La exposición al cadmio puede resultar en daños pulmonares severos e incluso ser letal, mientras que el manganeso está asociado con

enfermedades neurológicas similares al Parkinson. Los cuerpos de agua en Cerro de Pasco, especialmente aquellos cercanos a las actividades mineras, están gravemente contaminados. Una muestra de agua del arroyo Quiulacocha, que recibe aguas residuales de la minería en Paragsha, mostró niveles de cadmio 3200 veces superiores al límite permitido en Perú.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Sedimentos

Los sedimentos consisten en arena, arcilla, limo y otras partículas sueltas del suelo que se asientan en el fondo de cuerpos de agua. Su origen puede ser la erosión del suelo o la descomposición de organismos vegetales y animales. Elementos como el viento, el agua y el hielo son capaces de trasladar estas partículas hacia ríos, lagos y arroyos (Clean Water, 2019).

2.2.2. Los sedimentos, en cuanto contaminantes físicos

Las estimaciones a nivel mundial sobre la erosión y el transporte de sedimentos en los principales ríos del planeta muestran grandes variaciones. Esto se debe a la dificultad de obtener datos confiables sobre la concentración y el flujo de sedimentos en muchos países, a los distintos supuestos utilizados por los investigadores y a los diversos efectos de una erosión acelerada provocada por actividades humanas, como la deforestación, prácticas agrícolas inadecuadas y la construcción de carreteras, en comparación con el almacenamiento de sedimentos resultante de la construcción de presas. Según Milliman y Syvitski (1992), se estimaba que la carga global de sedimentos en los océanos durante la mitad del siglo XX era de 20.000 millones de toneladas al año, de las cuales aproximadamente el 30 por ciento provenía de los ríos del sur de Asia, especialmente el Yangtze y el Amarillo en China. Es importante señalar que, según su análisis, casi el 50 por ciento del total global se origina en la erosión de las zonas montañosas de las islas de Oceanía, un aspecto que no se ha considerado adecuadamente en estimaciones anteriores sobre la

producción mundial de sedimentos. Aunque la erosión en las islas montañosas y en las áreas altas de los ríos continentales es resultado de factores topográficos naturales, Milliman y Syvitski argumentan que la actividad humana en Oceanía y Asia meridional genera cargas de sedimentos que son desproporcionadamente elevadas en estas regiones (Milliman y Syvitski, 1992).

2.2.3. Los sedimentos, en cuanto contaminantes químicos

La relación entre los sedimentos y la contaminación química está relacionada tanto con el tamaño de las partículas de sedimento como con la cantidad de carbono orgánico que contienen. Se considera que la fracción de sedimentos que tiene un impacto químico significativo es aquella con un tamaño inferior a 63 micrómetros (limo y arcilla). En el caso del fósforo y los metales, el tamaño de las partículas es crucial, ya que las partículas muy pequeñas presentan una gran superficie externa. Tanto el fósforo como los metales tienden a unirse fuertemente a los sitios de intercambio iónico, que se encuentran asociados a las partículas de arcilla y a los recubrimientos de hierro y manganeso que suelen estar presentes en estas partículas diminutas. Muchos contaminantes persistentes, que tienden a bioacumularse y son tóxicos, especialmente los compuestos clorados que se encuentran en muchos pesticidas, están altamente vinculados a los sedimentos, particularmente al carbono orgánico que se transporta como parte de la carga de sedimentos de los ríos. Estudios sobre el transporte de fósforo en América del Norte y Europa indican que hasta el 90 por ciento del flujo total de fósforo de los ríos puede estar relacionado con los sedimentos en suspensión. La afinidad de los productos químicos orgánicos por las partículas se explica mediante su coeficiente de partición octanol-agua (KOW). Este coeficiente es ampliamente conocido para la mayoría de los productos químicos y se utiliza como base para predecir el comportamiento ambiental de los compuestos orgánicos. Los productos químicos con un KOW bajo son fácilmente solubles, mientras que aquellos con

un KOW alto se consideran "hidrofóbicos" y tienden a asociarse con partículas. Compuestos como el DDT y otros pesticidas son altamente hidrofóbicos, lo que dificulta su análisis en muestras de agua debido a su baja solubilidad. En el caso de los químicos orgánicos, el componente más significativo de la carga de sedimentos parece ser la fracción de carbono orgánico en partículas que se transporta junto con el sedimento. Los investigadores han mejorado el coeficiente de partición para describir esta asociación con el carbono orgánico (Milliman y Syvitski, 1992).

2.2.4. Cuerpo de agua:

Se refiere a un reservorio natural donde se acumula agua, incluyendo ríos, lagos, manantiales, arroyos, quebradas y embalses (OEFA, 2022).

2.2.5. Componente minero:

Se refiere al yacimiento mineral y a todos los equipos, infraestructuras e instalaciones asociadas, como el complejo metalúrgico, las excavaciones tanto superficiales como subterráneas, las refinerías y los espacios requeridos para llevar a cabo las actividades mineras, que incluyen la explotación, el transporte interno, el procesamiento, la gestión de relaves y desmontes, así como el almacenamiento y transporte de recursos minerales, ya sean metálicos o no metálicos, dentro de una unidad minera, junto con los servicios e instalaciones complementarias (MEM, 2014).

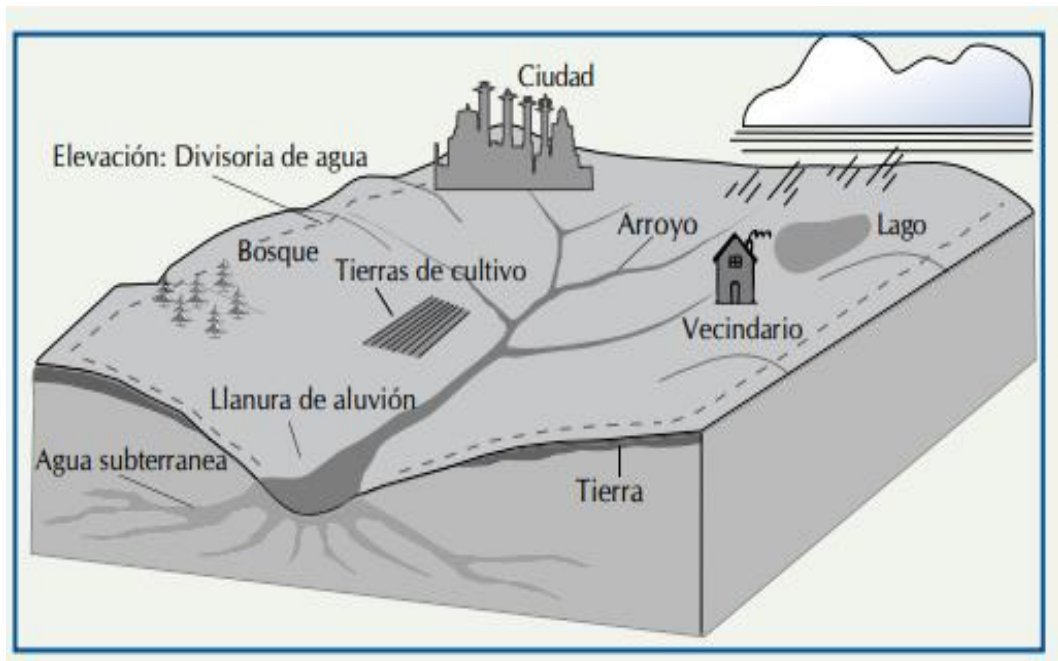
Componentes principales: Se refieren a aquellos elementos que están directamente involucrados en la extracción y el procesamiento del recurso mineral, incluyendo el tajo, las labores subterráneas, los pads de lixiviación y los depósitos de relaves, junto con sus instalaciones asociadas, la planta de procesamiento y los almacenes de concentrados en la zona portuaria, así como los depósitos de desmonte y los sistemas de transporte de relaves, canteras de piedra, entre otros (MEM, 2014).

Componentes auxiliares: Son los elementos secundarios o de apoyo que complementan las funciones de los componentes principales, facilitando así la actividad de explotación y la colocación de los productos mineros en la industria. Se consideran como tales: ductos (tales como mineroductos y acueductos), campamentos, almacenes, polvorines, grifos, canales de coronación, carreteras o trochas, y líneas de transmisión eléctrica. Estos pueden encontrarse tanto dentro como fuera del área de la unidad minera (MEM, 2014).

2.2.6. ¿Qué es el escurrimiento de aguas pluviales?

Las aguas pluviales son agua de lluvia o agua resultante del derretimiento de nieve. Esta agua cae de los techos; circula sobre calles asfaltadas, aceras y estacionamientos; atraviesa suelo descubierto y césped; y desemboca en los drenajes pluviales. A su paso, el agua recoge y transporta tierra, desechos de mascotas, sales, pesticidas, fertilizantes, aceite y grasa, basura y otras sustancias contaminantes. Esta agua desemboca directamente en los riachuelos, arroyos y ríos cercanos, sin recibir ningún tratamiento en las plantas de aguas residuales. Las aguas pluviales contaminadas afectan los riachuelos, ríos y lagos. Pueden destruir o dañar las plantas, los peces y la vida silvestre, y degradar la calidad del agua (Clean Water, 2019).

Figura 1: Sistema típico de cuenca hidrográfico



2.2.7. Unidad Minera Animón

La mina Animon es un yacimiento polimetálico que contiene Zinc, Plomo y Cobre, siendo de propiedad de la Empresa Administradora Chungar SAC. Se localiza en los Andes Centrales del Perú, en el departamento de Pasco, en la provincia de Pasco, específicamente en el distrito de Huayllay, a 46 km al sureste de la ciudad de Cerro de Pasco. El campamento se sitúa a una altitud de 4,600 metros sobre el nivel del mar.

2.2.8. ¿Qué es el monitoreo ambiental?

El monitoreo ambiental es una herramienta crucial para la supervisión de la calidad ambiental. Su objetivo es verificar la presencia y cuantificar la concentración de contaminantes en el entorno durante un periodo específico. Estos monitoreos son parte de evaluaciones más amplias de la calidad ambiental, que son más complejas y permiten analizar las tendencias temporales y espaciales de la calidad del ambiente, identificar las fuentes de contaminación y evaluar los efectos de los contaminantes en los diferentes componentes del entorno, como el agua, el suelo, el aire, así como en la flora y

fauna. Por ejemplo, expertos del OEFA llevan a cabo un monitoreo de la calidad del aire en un punto específico de las avenidas más concurridas de Lima, utilizando Unidades Móviles de Monitoreo Ambiental para medir los niveles de dióxido de azufre, monóxido de carbono y material particulado presentes en el aire (OEFA, 2022).

2.2.9. El muestreo ambiental

Se refiere al proceso de recolectar muestras representativas que permiten caracterizar el componente ambiental que se está investigando. Estas muestras deben poseer características o propiedades similares a las del componente en evaluación. Una vez recolectadas, las muestras son enviadas a un laboratorio acreditado. La técnica de muestreo puede llevarse a cabo de forma puntual o compuesta e incluye la recolección, análisis y evaluación sistemática en un espacio y tiempo específicos. La metodología utilizada varía según los objetivos del estudio, las condiciones ambientales del lugar y los requisitos analíticos relacionados con la cantidad y calidad de las muestras, entre otros aspectos (OEFA, 2022).

2.3. Definición de los términos básicos

2.3.1. Áreas de influencia

Perímetro inmediato del emplazamiento donde hay indicio o alguna evidencia de contaminación potencial del suelo (MINAN, 2019).

2.3.2. Contaminante

Se refiere a cualquier sustancia química que no es parte del entorno natural del suelo o cuya concentración supera los niveles normales, y que puede tener efectos perjudiciales para la salud humana o el medio ambiente (OEFA, 2022).

2.3.3. Concentración

La relación de una sustancia disuelta o contenida en una cantidad dada de otra sustancia (MINAN, 2019).

2.3.4. Lago

Amplia superficie de agua que está completamente rodeada por tierra (OEFA, 2022).

2.3.5. Laguna

Cuerpo de agua natural, por lo general dulce y de tamaño más pequeño que un lago (OEFA, 2022).

2.3.6. Lixiviado

Es un líquido generado a partir de la interacción, arrastre o filtración de los materiales que componen los residuos. Este líquido contiene sustancias disueltas o en suspensión que pueden infiltrarse en el suelo o escurrirse fuera de los lugares donde se almacenan los residuos, lo que puede causar contaminación en el suelo y en cuerpos de agua. Esto, a su vez, puede deteriorar el medio ambiente y representar un riesgo potencial para la salud humana y otros organismos vivos (MINAN, 2019).

2.3.7. Río

Es un flujo natural de agua que se desplaza de manera continua. Tiene un caudal específico y termina en el mar, un lago o en otro río (OEFA, 2022).

2.3.8. Vertimiento

Se refiere a la liberación intencionada de aguas residuales en un cuerpo de agua natural (OEFA, 2022).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La presencia de sedimentos para control de impactos ambientales a cuerpos receptores es generada por componentes mineros Unidad Minera Animón, 2023.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. Los recursos hídricos que se encuentra como cuerpos receptores de agua influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón es la laguna Naticocha.
- b. Se evidencia la presencia de metales totales en sedimentos para control de impactos ambientales a cuerpos receptores de agua influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón, 2023.
- c. Se evidencia la afectación de los sedimentos a los recursos hídricos influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón por volúmenes cúmulos de sedimentos.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente

Impactos ambientales a cuerpos receptores.

2.5.2. Variable dependiente

Presencia de sedimentos

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1: Definición operacional de variables e indicadores

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente Impactos ambientales a cuerpos receptores	Impactos ambientales a cuerpos receptores Se refiere al cambio de condiciones de calidad a los reservorios natural donde se acumula agua, incluyendo ríos, lagos, manantiales, arroyos, quebradas y embalses	Dimensiones Independiente: <ul style="list-style-type: none"> • Se evaluó si los sedimentos están afectando a la calidad de agua de los cuerpos receptores. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presencia de sedimentos ▪ Presencia de metales pesados
Variable Dependiente Presencia de sedimentos	Sedimentos Los sedimentos consisten en arena, arcilla, limo y otras partículas sueltas del suelo que se asientan en el fondo de cuerpos de agua. Su origen puede ser la erosión del suelo o la descomposición de organismos vegetales y animales. Elementos como el viento, el agua y el hielo son capaces de trasladar estas partículas hacia ríos, lagos y arroyos.	Dimensiones Dependiente: <ul style="list-style-type: none"> • Se identifico la presencia los sedimentos y a su vez si esta contine metales pesados en sus composiciones. 	

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es descriptiva de acuerdo con Arias (2012), la investigación descriptiva se enfoca en la caracterización de un evento, fenómeno, persona o grupo, con el objetivo de definir su estructura o comportamiento en concordancia con ello en la investigación evaluamos la presencia de sedimentos para el control de impactos ambientales a cuerpos receptores de agua influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón.

3.2. Nivel de la investigación

El nivel de investigación del presente estudio es aplicado, ya que busca no solo generar conocimiento, sino también utilizarlo para resolver un problema específico relacionado con el control de impactos ambientales en cuerpos receptores de agua influenciados por componentes mineros. De acuerdo con Sampieri, Collado y Lucio (2014), la investigación aplicada está dirigida a encontrar soluciones prácticas a problemas concretos, utilizando el conocimiento científico existente para intervenir en la realidad.

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación es cuantitativo de acuerdo con (Tamayo, 2007), consiste en el contraste de teorías ya existentes a partir de una serie de hipótesis surgidas de la misma, siendo necesario obtener una muestra, describiremos cuantitativamente los la presencia de sedimentos para control de impactos ambientales a cuerpos receptores de agua influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño investigación es de tipo no experimental, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2010), la investigación no experimental se refiere a estudios en los que no se lleva a cabo una manipulación intencionada de variables; en estos casos, los fenómenos se observan en su entorno natural antes de ser analizados. Por lo tanto, la investigación será no experimental porque evaluaremos los sedimentos para control de impactos ambientales a cuerpos receptores de agua influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población en el estudio estará dada por todas las actividades y componentes de la Unidad Minera Animón.

3.5.2. Muestra

La muestra está comprendida por las estaciones de monitoreo en los cuerpos receptores de los recursos hídricos influenciado por componentes mineros; Unidad Minera Animón.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Identificación de estaciones de monitoreo

Se identificó las estaciones de monitoreo en los cuerpos receptores de agua cercanos a los componentes mineros de la Unidad Minera Animón.

Análisis de los resultados de monitoreo de calidad de sedimentos

Se evaluó los resultados otorgados por laboratorio acreditado por INACAL.

3.6.2. Instrumentos

- Ficha de recolección de información
- Aparato Fotográfica

3.7. Técnicas de procesamientos y análisis de datos

- Identificación de estaciones de monitoreo
- Tabulación.

3.8. Tratamiento estadístico

Para el tratamiento estadístico se usó el programa Excel.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Cumpliendo con los reglamentos y directivas de la facultad de Ingeniería para desarrollar el proceso de elaboración de la presente investigación y su desarrollo según al cronograma planteado.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación de la zona a investigar

La zona de investigación se encuentra en las proximidades de la Unidad Minera Animón, ubicada en los Andes Centrales del Perú, en la región de Pasco, provincia de Pasco, específicamente en el distrito de Huayllay. La mina, un yacimiento polimetálico que contiene Zinc, Plomo y Cobre, es operada por la Empresa Administradora Chungar S.A.C. Se localiza a 46 km al sureste de la ciudad de Cerro de Pasco, la unidad minera y el campamento minero está situado a una altitud de 4,600 metros sobre el nivel del mar.

4.1.2. Accesibilidad

Acceso desde Lima a la Unidad Minera Animón:

Ruta a través de la Carretera Central:

- Partiendo desde la ciudad de Lima, se toma la Carretera Central (Ruta Nacional PE-22) en dirección este.
- El viaje continúa pasando por las localidades de Chosica y La Oroya, llegando a la interacción del río Yauli con el río Mantaro.

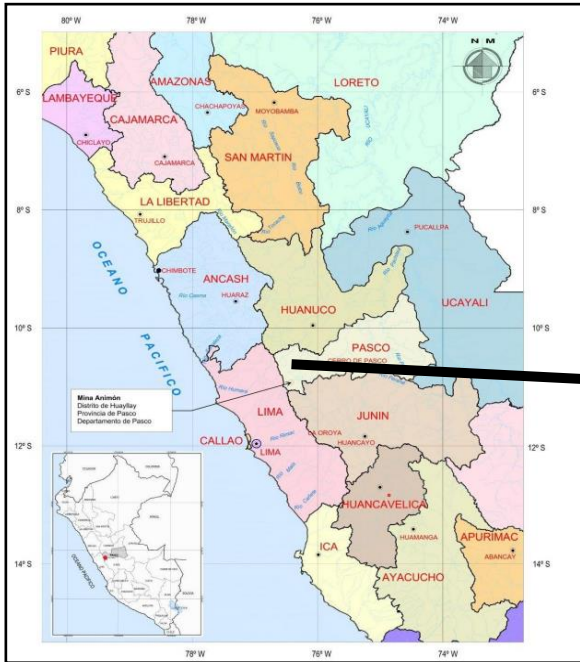
- Se continúa hacia Cerro de Pasco, recorriendo aproximadamente 251 km en total desde Lima.
- Desde Cerro de Pasco, se toma la Carretera hacia Huayllay para llegar a la Unidad Minera Animón, ubicada a unos 46 km al sureste de la ciudad.
- La carretera hacia Huayllay es de acceso asfaltado y se asciende a una altitud aproximada de 4,600 metros sobre el nivel del mar.

Ruta a través de la Vía Canta:

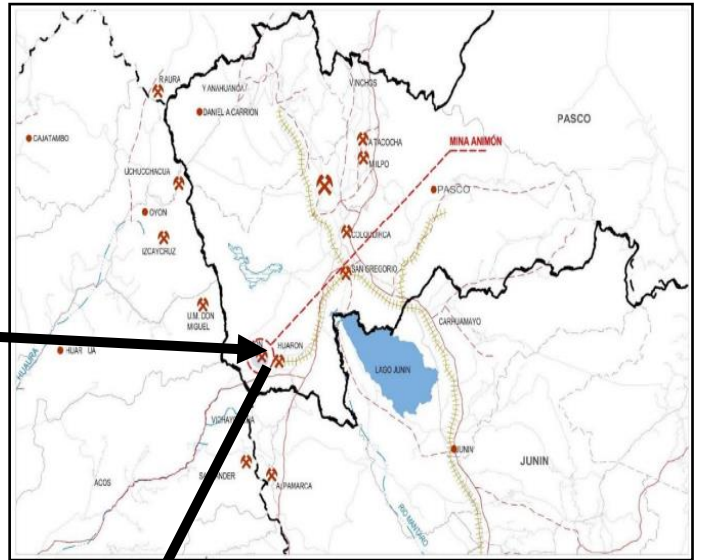
- Otra opción de acceso desde Lima es tomar la Carretera de Canta (Ruta PE-34), la cual se dirige al norte de Lima.
- Desde la ciudad de Lima, se sigue esta ruta hasta llegar a la localidad de Canta, que se encuentra aproximadamente a 120 km de Lima.
- De Canta, se toma la carretera que conecta con el distrito de Huayllay y, desde allí, se continúa hasta la Unidad Minera Animón.
- La distancia aproximada desde Canta hasta la unidad minera es de 75 km.

Mapa 1 Ubicación de la Unidad Minera Animon

Ubicación en el mapa nacional



Ubicación en el mapa regional



Vista de la Unidad Minera Chungar



Fuente: Elaboración propia

4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Componentes mineros

Las actividades de la Unidad Minera Animón explota y procesa el mineral extraído de la mina Animón, así como en la mina Islay, donde se obtienen concentrados de zinc, plomo y cobre. En la actualidad, su capacidad de tratamiento alcanza las 5,200 toneladas métricas secas (TMS) diarias, gracias a la implementación de un sistema de automatización.

Para el proceso de obtención del mineral la Unidad Minera Animón tiene los siguientes componentes:

a. Mineralización y geología:

La mina Animón presenta un depósito hidrotermal de origen filoniano, ubicado en un anticlinal asimétrico de doble hundimiento. Los principales minerales de mena presentes en la mina Animón son:

- ✓ Esfalerita (ZnS)
- ✓ Galena (PbS)
- ✓ Proustita (Ag_3AsS_3)
- ✓ Calcopirita (CuFeS_2)

b. Actividades de explotación:

El proceso subterráneo se lleva a cabo a través de la perforación y extracción del mineral que se encuentra en vetas o cuerpos minerales subterráneos. Las operaciones incluyen la utilización de equipos de perforación, transporte de mineral y ventilación para garantizar la seguridad de los trabajadores. Además, se emplean sistemas de bombeo para controlar el nivel de agua en las galerías de la mina.

En cuanto a los métodos específicos de explotación, la Unidad Minera Chungar utiliza técnicas que permiten la extracción de concentrados polimetálicos, principalmente de zinc, plomo, cobre y plata, a través de un

proceso que implica perforación, voladura, transporte y procesamiento en la planta concentradora de Animón.

c. Procesamiento de minerales:

La planta concentradora, que tiene una capacidad de tratamiento de 5,200 toneladas métricas secas por día, juega un papel fundamental en la transformación del mineral extraído en concentrados de estos metales llevando el siguiente procedimiento de procesamiento:

- **Recepción de mineral**

El mineral que se extrae de las minas se transporta hacia la planta concentradora, donde pasa por un proceso inicial de trituración. Este proceso reduce el tamaño del mineral para facilitar la liberación de los metales en las siguientes etapas.

- **Molienda**

Después de la trituración, el mineral triturado pasa a los molinos, donde se muele aún más hasta obtener una mezcla de partículas finas y gruesas.

- **Flotación**

La flotación es el proceso clave para separar los minerales valiosos (como el zinc, plomo, cobre y plata) de los materiales de desecho (gangas). Se utiliza una combinación de reactivos químicos y aire para crear burbujas en las que los minerales valiosos se adhieren y flotan hacia la superficie.

- **Concentrado de minerales**

El concentrado es el resultado de la flotación, donde los metales valiosos (como zinc, plomo y cobre) quedan concentrados en una forma rica en minerales.

- **Deshidratación y espesado**

Para mejorar la manejabilidad del concentrado, este pasa por un proceso de espesado y deshidratación, donde se reduce el contenido de agua. Este proceso facilita la exportación o el transporte del concentrado de mineral hacia otros procesos metalúrgicos (como la fundición).

- **Almacenaje y transporte**

Finalmente, los concentrados de zinc, plomo, cobre y plata se almacenan temporalmente en depósitos o bodegas dentro de la planta concentradora antes de ser transportados hacia las instalaciones de fundición o refinación para su posterior comercialización.

- **Gestión de residuos**

Durante el proceso de concentración, se generan residuos como las colas o relaves, que son productos del proceso de flotación que no contienen minerales valiosos. Estos residuos son gestionados adecuadamente, utilizando sistemas de filtrado o almacenamiento en depósitos de relaves para minimizar el impacto ambiental.

Imagen 1 Imagen de las áreas de operaciones y planta de la Unidad Minera

Animón



d. Descripción de la Operación de Tratamiento de Agua de Mina

De las actividades de operaciones mina y planta se genera aguas residuales industriales con un caudal promedio de 185 l/s.

1. Estas aguas son tratadas en un tanque de concreto de 1.8 m³ de capacidad ubicada en el área de la recta entre la bocamina y la poza N° 1 donde se adiciona cal y floculante. Luego del acondicionamiento con cal para la precipitación de los iones metálicos disueltos y la adición del floculante con la finalidad de aglomerar los finos en flóculos de mayor tamaño que las partículas individuales y de esta manera tener un producto final libre de iones metálicos y libre de partículas sólidas en suspensión. Esta agua acondicionada es transportada por dos tuberías en paralelo de 10" de diámetro de PVC hacia la poza N° 1 donde empieza la sedimentación, que tiene una capacidad de retención para

325 m³ y se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas UTM E 344383 y N 879932 a una altura de 4587.34 m.s.n.m. El sistema de sedimentación se complementa con las pozas N° 2, 3, 4 y 5.

2. Los sedimentos descargados de las pozas son depositados en un área impermeabilizado con geomembrana donde se secan a la intemperie. Los sedimentos ya secos son transportados con camiones volquetes a la zona de la Cancha de Relaves donde se depositan junto al talud natural de la cancha.
3. De esta poza sale una tubería de PVC de 10" de diámetro hacia la poza de control de monitoreo E-2 de donde se descargan a la Laguna Naticocha, tal como se puede observar en las siguientes imágenes:

Imagen 2 Vista de las pozas de sedimentación



Imagen 3 Vista de la descarga de aguas residuales tratadas a la laguna Naticocha



4.2.2. Laguna Naticocha

La Laguna Naticocha se encuentra en el distrito de Huayllay, en la provincia de Pasco, región Pasco, Perú, a una altitud de aproximadamente 4,551 metros sobre el nivel del mar (Mapcarta, n.d.). En cuanto a su área, la laguna tiene una superficie aproximada de 1.5 km².

Esta laguna ha sido objeto de múltiples investigaciones debido a los impactos de las actividades mineras cercanas, especialmente de la Unidad Minera Animón, que opera en la zona.

Diversos estudios ambientales han reportado la presencia de metales pesados en las aguas de la laguna, particularmente plomo, zinc y arsénico, sobrepasando los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos para cuerpos de agua en el país (Repositorio UDH, 2019). En particular, la estación de monitoreo ubicada al norte de la laguna ha mostrado niveles elevados de estos contaminantes, lo que ha generado preocupación sobre la calidad del agua y su impacto en los ecosistemas acuáticos locales.

Para identificar si estas aguas podrían estar impactadas se monitoreo y analizo los sedimentos de la laguna Naticocha tal como se detalla a continuación:

4.2.3. Ubicación de las estaciones de monitoreo de sedimentos

Las estaciones de monitoreo fueron ubicadas estratégicamente en el cuerpo receptor de la laguna Naticocha ya que esta laguna recibe las descargas de aguas residuales industrial de Unidad minera Animon y estas se encuentran cercanos los componentes mineros de la Unidad Minera Animon, con el objetivo de evaluar la calidad de los sedimentos y detectar posibles impactos ambientales derivados de la actividad minera.

Las estaciones se distribuyen a lo largo de la cuenca hidrográfica influenciada por la unidad minera, incluyendo tanto puntos aguas arriba como aguas abajo del área de descarga de efluentes mineros, lo que permite una evaluación comparativa del estado del ecosistema acuático.

Tabla 2: Estaciones de monitoreo

Código de estación	Estación de monitoreo	Ubicación Geográfica UTM-WGS-1984	
		Norte	Este
Sed1	Laguna Naticocha Norte, cercano a la PTARI, zona sur luego de la descarga	8780834	344012
Sed2	Laguna Naticocha Norte, cercano a la PTARI, zona oeste luego de la descarga	8780956	343947
Sed3	Laguna Naticocha Norte, cercano a la PTARI, zona norte luego de la descarga	8781013	343992
Sed4	Laguna Naticocha Norte, cercano a la PTARI, estación blanca	8780758	344526

Fuente: Elaboración propia

La ubicación de las estaciones de monitoreo a evaluar la presencia de sedimentos se detalla en el mapa siguiente:

Mapa 2 Ubicación de las estaciones de monitoreo de sedimentos



Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Procedimiento de toma de muestra de sedimentos

Para la toma de la muestra se siguió el siguiente procedimiento:

- Se delimito el área de muestreo, asegurándose de eliminar cualquier material extraño, como basura, ramas, piedras, escombros u otros elementos que puedan contaminar la muestra.
- Con una pala de acero inoxidable limpio y desinfectado se recogió el sedimento de la capa superficial (generalmente los primeros 5–10 cm), donde se acumulan los contaminantes recientes.
- Se extrajo el sedimento de forma cuidadosa para evitar mezclar capas más profundas con la superficie.
- Se deposito el sedimento en bolsas de muestreo preetiquetados.
- Cerrar herméticamente los frascos y colocarlos en una conservadora con refrigeración (± 4 °C).
- Se registro en la cadena de custodia todos los datos relevantes: fecha, hora, código de muestra, nombre del responsable, ubicación geográfica (coordenadas), tipo de muestra y observaciones.
- Se transporto las muestras al laboratorio.

Imagen 4 Actividades de monitoreo de la laguna Naticochoa



4.2.5. Resultado de la presencia de sedimentos

Del monitoreo realizado de muestras de sedimentos se adjunta el informe de ensayo y a continuación se detalla los resultados:

Tabla 3: *Resultados de metales presentes en los sedimentos*

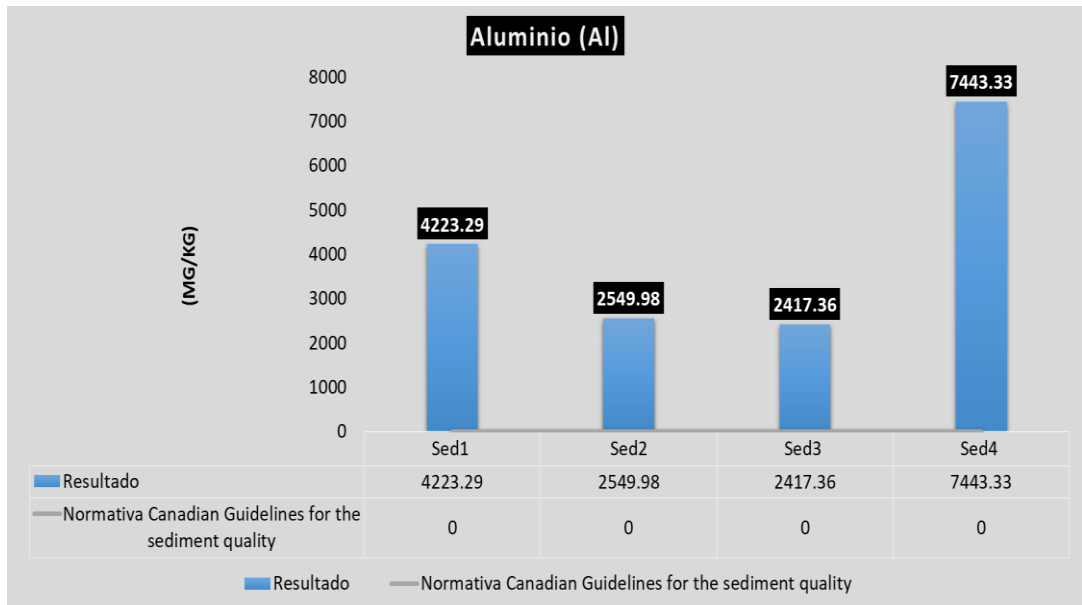
PARÁMETRO		NORMATIVA	Sed1	Sed2	Sed3	Sed4
Aluminio (Al)	mg/Kg	Resultado	4223.29	2549.98	2417.36	7443.33
		Normativa Canadian Guidelines for the sediment quality	_____	_____	_____	_____
Arsénico (As)	mg/Kg	Resultado	85.590	98.960	104.750	182.990
		Normativa Canadian Guidelines for the sediment quality	5.9	5.9	5.9	5.9
Cadmio (Cd)	mg/Kg	Resultado	3.010	2.400	3.780	20.750
		Normativa Canadian Guidelines for the sediment quality	0.6	0.6	0.6	0.6
Cobre (Cu)	mg/Kg	Resultado	98.220	59.180	59.340	323.480
		Normativa Canadian Guidelines for the sediment quality	35.7	35.7	35.7	35.7
Cromo (Cr)	mg/Kg	Resultado	13.03	4.80	4.380	11.180
		Normativa Canadian Guidelines for the sediment quality	37.3	37.3	37.3	37.3
Hierro (Fe)	mg/Kg	Resultado	9169,77	5779,89	6484,59	41799,57
		Normativa Canadian Guidelines for the sediment quality	_____	_____	_____	_____
Plomo (Pb)	mg/Kg	Resultado	741.03	425.63	412.02	3,969.71
		Normativa Canadian Guidelines for the sediment quality	_____	_____	_____	_____
Mercurio (Hg)	mg/Kg	Resultado	0.200	0.200	0.200	0.60
		Normativa Canadian Guidelines for the sediment quality	0.17	0.17	0.17	0.17
Zinc (Zn)	mg/Kg	Resultado	1,832.80	2,223.71	2,682.61	16,072.40
		Normativa Canadian Guidelines for the sediment quality	123	123	123	123

Fuente: Unidad Minera Animon

La Interpretación de resultados de la presencia de sedimentos.

▪ **Interpretación de aluminio en los sedimentos en la laguna Naticocha**

Gráfico 1 Presencia de Aluminio en los sedimentos en la laguna Naticocha

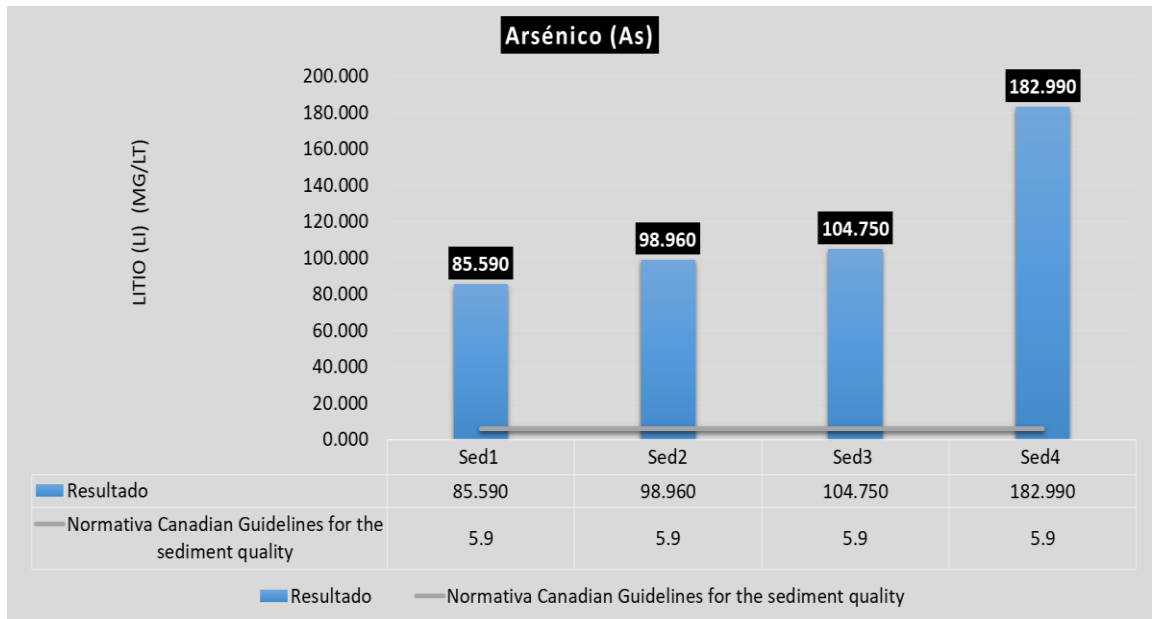


Fuente: Unidad Minera Animón

Los resultados obtenidos para las concentraciones de **aluminio (Al)** en sedimentos de las cuatro estaciones de monitoreo muestran una variabilidad considerable, lo que podría reflejar diferencias en la composición geológica natural o influencias antrópicas localizadas. La estación **Sed4** presenta la concentración más alta de aluminio (7,443.33 mg/kg), casi el triple de la concentración en **Sed3**, lo que podría sugerir una zona de acumulación o posible aporte antropogénico. **Sed2** y **Sed3** muestran las concentraciones más bajas y similares entre sí, lo cual puede representar condiciones más naturales o menor influencia externa. **Sed1** tiene una concentración intermedia, aunque también relativamente elevada.

- **Interpretación de arsénico en los sedimentos en la laguna Naticocha**

Gráfico 2 Presencia de Arsénico en los sedimentos en la laguna Naticocha

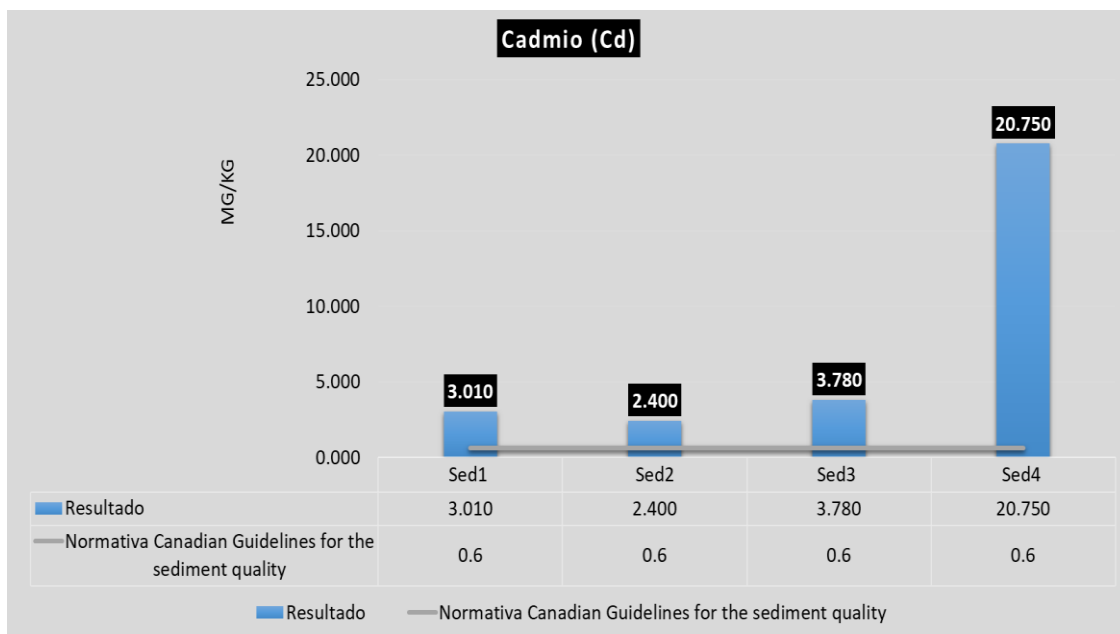


Fuente: Unidad Minera Animón

Los resultados de arsénico en sedimentos recolectados en cuatro estaciones de monitoreo (Sed1, Sed2, Sed3, Sed4), con base en los estándares de calidad establecidos por las **Canadian Guidelines for the Sediment Quality**, que fijan un valor de referencia de **5.9 mg/kg** para arsénico, Todas las estaciones presentan concentraciones de arsénico que superan ampliamente los estándares de calidad ambiental para sedimentos. La estación Sed4 presenta la mayor concentración (182.990 mg/kg), con un valor más de 30 veces superior al límite recomendado, lo que sugiere una posible fuente puntual o acumulativa de contaminación más severa en esta zona. Las estaciones Sed2 y Sed3 también presentan niveles preocupantes, mientras que Sed1, aunque con menor concentración relativa, sigue representando una superación significativa del umbral permitido.

- Interpretación de cadmio en los sedimentos en la laguna Naticocha

Gráfico 3 Presencia de Cadmio en los sedimentos en la laguna Naticocha

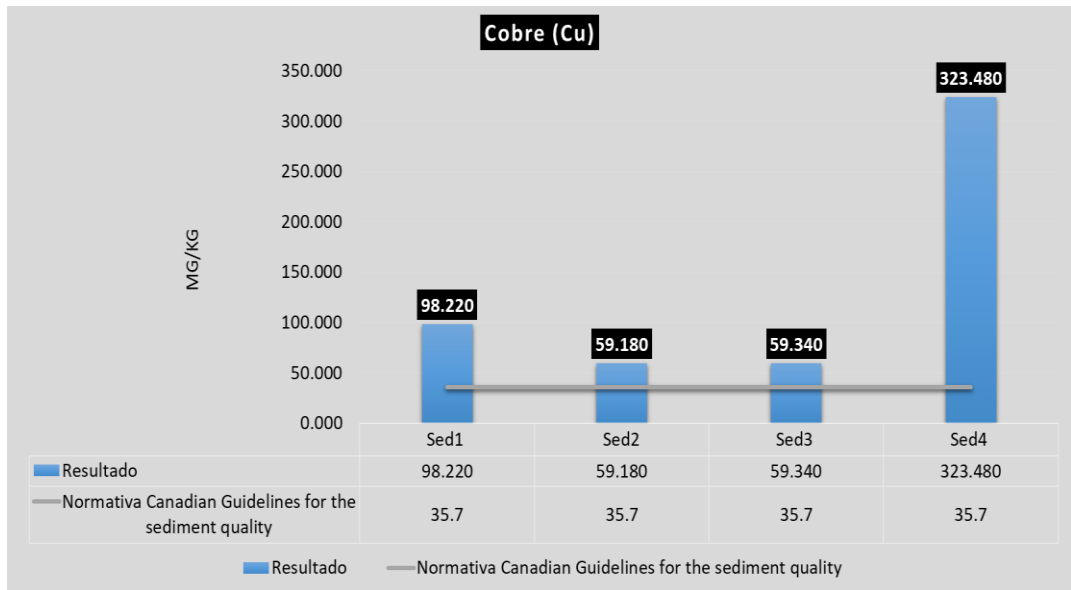


Fuente: Unidad Minera Animón

Los resultados analíticos obtenidos para el cadmio (Cd) en sedimentos de las estaciones de monitoreo indican concentraciones **considerablemente superiores** al valor de referencia de **0.6 mg/kg**, establecido por las **Guías Canadienses para la Calidad de Sedimentos**. Todas las estaciones superan significativamente el valor guía, lo que indica una condición de contaminación por cadmio generalizada en la zona de estudio. La estación Sed4 muestra una concentración extremadamente alta (20.750 mg/kg), superando en más de 34 veces el límite recomendado. Este valor sugiere la presencia de una fuente puntual o acumulativa de contaminación severa, posiblemente relacionada con actividades industriales o mineras. Las estaciones Sed1, Sed2 y Sed3 también presentan niveles preocupantes, aunque considerablemente más bajos que Sed4.

- **Interpretación de cobre en los sedimentos en la laguna Naticocha**

Gráfico 4 Presencia de Cobre en los sedimentos en la laguna Naticocha



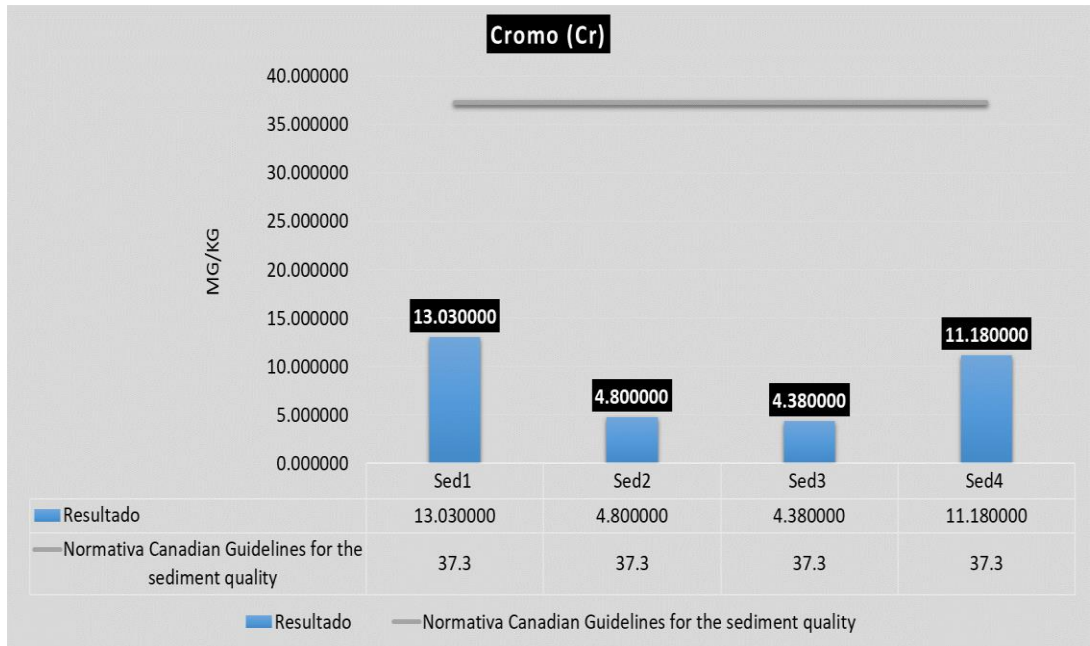
Fuente: Unidad Minera Animón

Los resultados obtenidos para el contenido de **cobre (Cu)** en sedimentos indican concentraciones **superiores al valor considerablemente superiores** al valor de referencia de **35.7 mg/kg**, establecido por las **Guías Canadienses para la Calidad de Sedimentos**. en todas las estaciones de monitoreo, lo cual sugiere un potencial impacto ambiental negativo en los ecosistemas acuáticos. Todas las estaciones presentan concentraciones de cobre que **superan el umbral ecológico** recomendado. **Sed4** registra la mayor concentración de cobre (323.480 mg/kg), más de **nueve veces** por encima del valor guía, lo que podría estar vinculado a **fuentes antropogénicas intensas**, como descargas industriales, actividad minera o acumulación de residuos metálicos. Las estaciones **Sed1**, **Sed2** y **Sed3** también exceden el límite, aunque en menor proporción.

Estos niveles aún pueden generar **efectos adversos en organismos bentónicos**.

- **Interpretación de cromo en los sedimentos en la laguna Naticocha**

Gráfico 5 Presencia de Cromo en los sedimentos en la laguna Naticocha

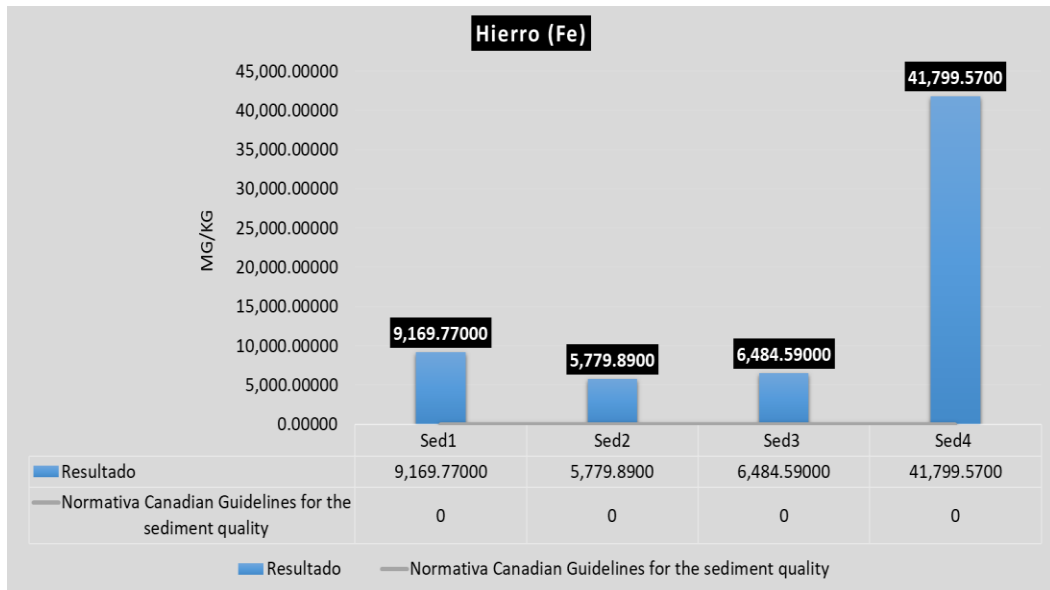


Fuente: Unidad Minera Animón

Los resultados de las concentraciones de **cromo (Cr)** en sedimentos muestran que **todas las estaciones de monitoreo se encuentran por debajo del valor guía** de 37.3 mg/kg, lo cual indica que **no se evidencian niveles preocupantes de contaminación por cromo** en la zona evaluada. La estación **Sed1** presenta el valor más alto (13.03 mg/kg), pero aún muy por debajo del umbral de riesgo. Las estaciones **Sed2**, **Sed3** y **Sed4** presentan los valores más bajos, lo que sugiere una condición ambiental estable respecto al cromo en esas áreas.

- **Interpretación de hierro en los sedimentos en la laguna Naticocha**

Gráfico 6 Presencia de Hierro en los sedimentos en la laguna Naticocha

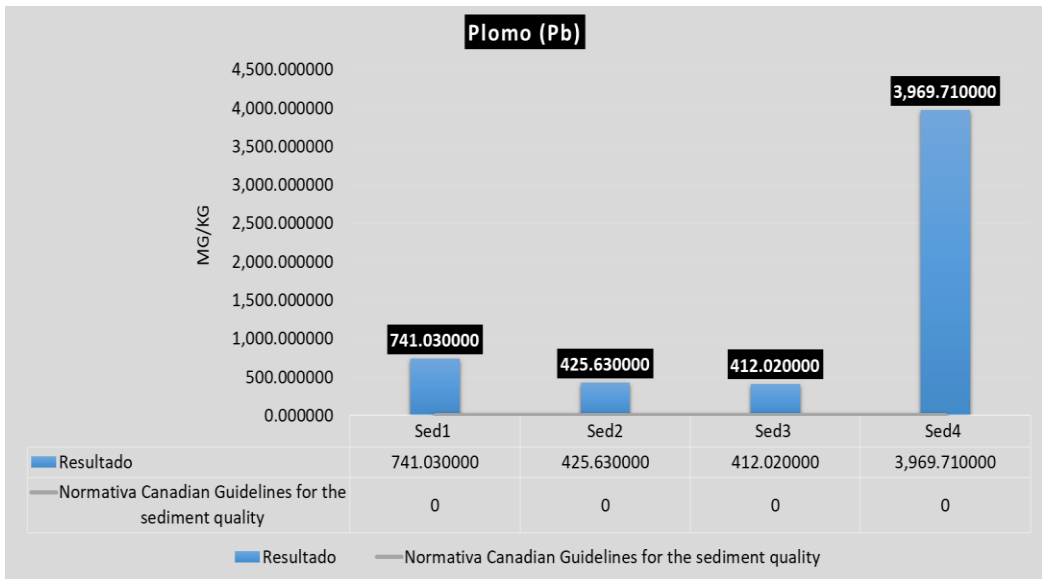


Fuente: Unidad Minera Animón

Los valores reportados de **hierro (Fe)** en las estaciones de monitoreo muestran una amplia variabilidad entre las diferentes ubicaciones, lo cual puede deberse tanto a **factores geológicos naturales** como a **influencias antropogénicas**, como actividades industriales o mineras. La estación **Sed4** presenta una concentración de hierro anómalamente elevada (41,799.57 mg/kg), que es entre **4.5 y 7 veces mayor** que las concentraciones observadas en las demás estaciones. Esta diferencia significativa podría estar relacionada con **fuentes de contaminación específicas**, como descargas industriales, relaves mineros o acumulación natural de óxidos de hierro. Las estaciones **Sed1**, **Sed2** y **Sed3** presentan niveles más moderados y relativamente consistentes entre sí, lo que sugiere una influencia natural o de fondo geológico normal.

- **Interpretación de plomo en los sedimentos en la laguna Naticocha**

Gráfico 7 Presencia de Plomo en los sedimentos en la laguna Naticocha

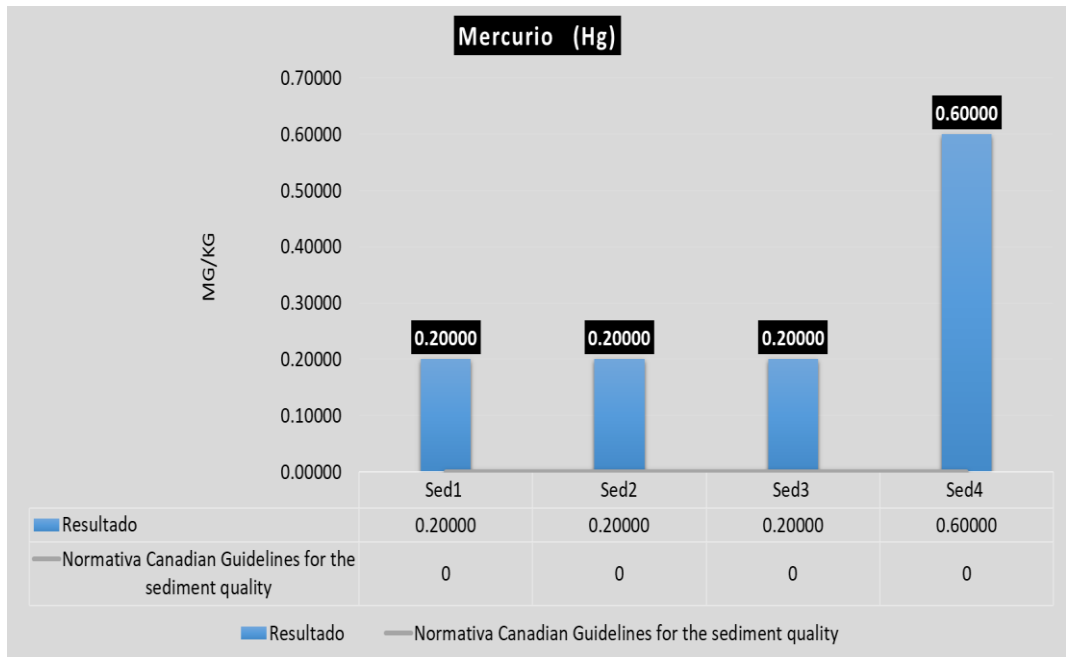


Fuente: Unidad Minera Animón

A continuación, se presenta la **interpretación de resultados de plomo (Pb)** en sedimentos de cuatro estaciones de monitoreo. Aunque no has indicado un valor normativo específico, las **Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life**. La estación **Sed4** destaca por su valor extremadamente alto (**3,969.71 mg/kg**), lo que indica una posible **fuentes puntual intensa de contaminación**. Las estaciones **Sed1, Sed2 y Sed3**, con concentraciones entre 412 y 741 mg/kg, también presentan niveles preocupantes, **muy por encima de lo esperado en sedimentos no contaminados**.

- **Interpretación de mercurio en los sedimentos en la laguna Naticocha**

Gráfico 8 *Presencia de Mercurio en los sedimentos en la laguna Naticocha*



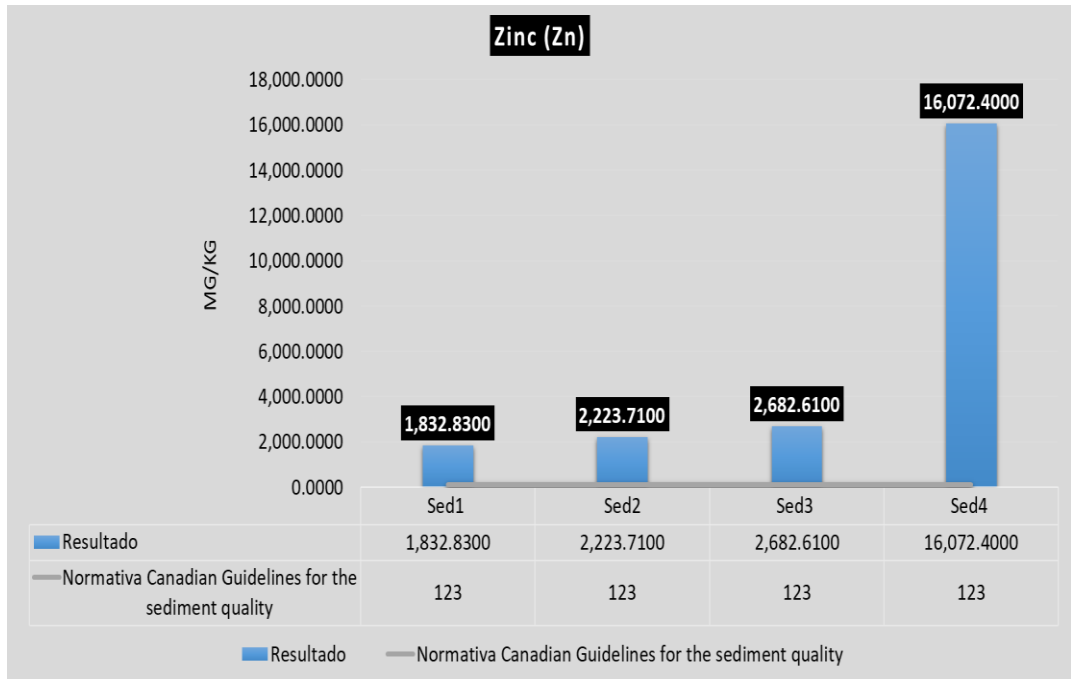
Fuente: Unidad Minera Animón

La **interpretación técnica de los resultados de mercurio (Hg)** en sedimentos de las cuatro estaciones de monitoreo, usando como referencia la normativa de las **Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life**, que establece un valor guía de **0.17 mg/kg**. Todas las estaciones de monitoreo **superan el valor de referencia de 0.17 mg/kg**, lo que indica una **contaminación por mercurio en los sedimentos** y un **riesgo potencial para la vida acuática**. Las estaciones **Sed1, Sed2 y Sed3** presentan una concentración **ligeramente por encima** del estándar, lo que sugiere un **riesgo moderado**, pero suficiente para justificar atención preventiva. La estación **Sed4**, con **0.600 mg/kg**, excede el valor guía en más de **3.5 veces**, indicando una **situación crítica** con

alto riesgo de efectos adversos sobre organismos bentónicos y posibilidad de bioacumulación.

- **Interpretación de zinc en los sedimentos en la laguna Naticocha**

Gráfico 9 Presencia de Zinc en los sedimentos en la laguna Naticocha



Fuente: Unidad Minera Animón

La **interpretación técnica de los resultados de zinc (Zn)** en sedimentos de cuatro estaciones de monitoreo, tomando como referencia los valores establecidos por las **Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life**, donde el valor guía es de **123 mg/kg**. Todas las estaciones presentan concentraciones de zinc **muy por encima del valor guía** de 123 mg/kg, lo que indica una **contaminación severa por zinc** en los sedimentos. La estación **Sed4** muestra una situación crítica, con un valor de **16,072.40 mg/kg**, es decir, **más de 130 veces superior** al valor permitido. Esto representa un **alto riesgo ecológico** y evidencia la posible existencia de una **fente puntual y activa de**

contaminación. Las estaciones **Sed1, Sed2 y Sed3** también muestran niveles elevados, que superan el valor guía en **aproximadamente 15 a 22 veces**, lo que implica un **riesgo significativo para los organismos bentónicos** y el ecosistema acuático.

4.2.6. Control de Impactos Ambientales a Cuerpos Receptores de Agua

Para el control de impactos ambientales a cuerpos receptores de agua, como en el caso de la **Laguna Naticocha**, es esencial aplicar un enfoque integral que contemple tanto la evaluación de los sedimentos como la gestión adecuada de los efluentes mineros. A continuación, se presenta una formulación basada en la investigación proporcionada para controlar los impactos ambientales derivados de las actividades mineras.

a. Monitoreo Continuo y Evaluación de la Calidad de Sedimentos:

- **Objetivo:** Controlar y monitorear los contaminantes presentes en los sedimentos para identificar las zonas más afectadas y las posibles fuentes de contaminación.
- **Acciones:**
 - Realizar un **monitoreo periódico** de los sedimentos en las estaciones de monitoreo estratégicamente ubicadas (Sed1, Sed2, Sed3 y Sed4) a lo largo de la cuenca hidrográfica de la Laguna Naticocha.
 - Evaluar parámetros clave como **arsénico, cadmio, cobre, plomo, zinc y mercurio**, cuyos valores exceden los **Límites Máximos Permitidos (LMP)** según las **Guías Canadienses para la Calidad de Sedimentos**.

- Analizar los **resultados históricos** para identificar tendencias y determinar la efectividad de las medidas correctivas.

b. Tratamiento y Gestión de Aguas Residuales Industriales:

- **Objetivo:** Reducir el impacto de las descargas de aguas residuales provenientes de las actividades mineras en los cuerpos de agua cercanos.
- **Acciones:**
 - **Optimizar el proceso de tratamiento de aguas** en las **pozas de sedimentación** y tanques de floculación, garantizando la eliminación eficaz de metales pesados y sólidos en suspensión.
 - Mejorar el **diseño de las pozas** para asegurar que el **tratamiento del agua** sea eficiente y que las concentraciones de contaminantes cumplan con las normativas ambientales antes de la descarga a la **Laguna Naticocha**.
 - Instalar **sensores en tiempo real** para monitorear la calidad del agua tratada en puntos críticos antes de la descarga.

c. Remoción y Manejo de Sedimentos Contaminados:

- **Objetivo:** Prevenir la acumulación de metales pesados en los sedimentos de la Laguna Naticocha y reducir los efectos negativos en los ecosistemas acuáticos.
- **Acciones:**
 - Establecer un **plan de remoción** de sedimentos contaminados en áreas críticas de la laguna (principalmente Sed4, donde los niveles de contaminantes son más altos).
 - **Rehabilitar los sedimentos** contaminados a través de tecnologías como la **biorremediación**.

d. Reforestación y Restauración de Ecosistemas Acuáticos:

- **Objetivo:** Mejorar la calidad del agua y restaurar los ecosistemas acuáticos que se han visto afectados por la minería.
- **Acciones:**
 - Implementar programas de **reforestación en las áreas circundantes** de la laguna para reducir la erosión del suelo y la contaminación por metales pesados.

e. Educación Ambiental y Participación Comunitaria:

- **Objetivo:** Promover la conciencia ambiental en las empresas mineras para reducir los impactos negativos a largo plazo.
- **Acciones:**
 - Implementar programas de **educación ambiental** para los trabajadores de la unidad minera, enfocados en la importancia de la **preservación de cuerpos de agua** y la gestión adecuada de residuos.
 - Fomentar la **participación comunitaria** en las actividades de monitoreo y toma de decisiones relacionadas con la **gestión de impactos ambientales**.

f. Plan de Respuesta ante Emergencias Ambientales:

- **Objetivo:** Establecer procedimientos claros para mitigar los efectos de posibles desastres o eventos imprevistos que puedan afectar la calidad del agua en la Laguna Naticocha.
- **Acciones:**
 - Desarrollar un **plan de contingencia** que contemple las posibles fugas de contaminantes y la rápida evacuación de las aguas residuales no tratadas antes de la llegada al cuerpo de agua.

- Capacitar al personal para una **respuesta rápida** y efectiva ante incidentes ambientales, garantizando la preservación del ecosistema acuático.

g. Informe de Cumplimiento Ambiental y Auditoría:

- **Objetivo:** Asegurar que las acciones implementadas estén alineadas con las normativas ambientales y lograr la reducción de impactos a largo plazo.
- **Acciones:**
 - Realizar **auditorías ambientales** periódicas para evaluar el cumplimiento de las regulaciones, identificar áreas de mejora y asegurar la **transparencia** en los procesos.
 - Publicar un **informe anual** sobre la calidad de los sedimentos y el estado del ecosistema acuático, incluyendo recomendaciones para la mejora continua.

4.3 Prueba de hipótesis

Nuestra hipótesis inicial de nuestra investigación planteada en nuestra investigación es:

“La presencia de sedimentos para control de impactos ambientales a cuerpos receptores es generada por componentes mineros de la Unidad Minera Animón, 2023”.

Con base en los resultados de los análisis de sedimentos recolectados en la Laguna Naticocha, se evidencian concentraciones significativamente elevadas de metales pesados como arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb), zinc (Zn) y mercurio (Hg), que superan ampliamente los valores guía establecidos por las Canadian Sediment Quality Guidelines. Estos resultados indican una influencia directa de las actividades mineras por estar cercanas sobre el cuerpo receptor de agua.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis general: la presencia de sedimentos contaminantes es generada probablemente por las proximidades de los componentes mineros de la Unidad Minera Animón.

Se ha demostrado que la Laguna Naticocha **recibe descargas de aguas tratadas provenientes directamente de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI)** de la Unidad Minera Animon. Las imágenes, coordenadas, y trayectoria de las descargas corroboran que la laguna actúa como cuerpo receptor de dichos efluentes.

El estudio muestra que los sedimentos contaminados no solo se acumulan en el cuerpo receptor, sino que también presentan volúmenes visibles en la zona de descarga y en el fondo de la laguna. Esta acumulación representa un riesgo ecológico para los organismos bentónicos y puede alterar la calidad del agua superficial.

4.4 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos del monitoreo de sedimentos en la Laguna Naticocha, cuerpo receptor de aguas tratadas de la Unidad Minera Animón, revelan una situación crítica en términos de calidad ambiental. La investigación permitió comprobar que **la presencia y acumulación de metales pesados en los sedimentos** está asociada de forma directa con las actividades mineras de la unidad operativa.

a. Contaminación por metales pesados

Se evidenció que elementos como **arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb), zinc (Zn) y mercurio (Hg)** presentan **concentraciones significativamente superiores** a los valores guía establecidos por las **Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life**, normativa internacional comúnmente usada como referencia técnica en la evaluación de riesgos sedimentarios. Por ejemplo:

- El arsénico alcanzó concentraciones hasta **30 veces superiores** al límite permitido (Sed4: 182.99 mg/kg vs. guía: 5.9 mg/kg), recordemos que la estación Sed4 es la estación de monitoreo blanco
- El cadmio superó su valor de referencia en más de **34 veces** en Sed4 (20.75 mg/kg vs. 0.6 mg/kg).
- El zinc presentó niveles extremos en Sed4, con **16,072.40 mg/kg**, valor que supera más de **130 veces** el límite recomendado (123 mg/kg).
- En las estaciones **Sed1, Sed2 y Sed3** son menores la presencia de contaminantes, pero en muchos de ellos no cumple con los valores guía establecidos por las **Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life**.

Estos resultados confirman que existe una **fuentes de aporte constante de metales al cuerpo receptor**, lo que genera un efecto de acumulación crónica en los sedimentos del ecosistema acuático.

b. Relación directa con la actividad minera

La cercanía de las estaciones de monitoreo a las pozas de tratamiento y descarga de aguas industriales, así como el flujo directo desde la PTARI hasta la Laguna Naticocha, evidencia que los componentes mineros (pozas de sedimentación, planta de tratamiento y depósitos de relaves) podrían contribuir como fuente de contaminación metálica.

Las imágenes del sistema de tratamiento y las coordenadas geográficas de los puntos de monitoreo confirman que las aguas residuales, aunque tratadas, siguen conteniendo metales disueltos o en suspensión que terminan acumulándose en el fondo del cuerpo de agua.

c. Efectos ambientales potenciales

La alta carga de metales pesados en los sedimentos representa un riesgo ambiental significativo:

- Puede afectar directamente a los organismos bentónicos, que habitan en el fondo de la laguna y son sensibles a cambios en la composición química del sedimento.
- Existe la posibilidad de bioacumulación y biomagnificación, afectando así a toda la cadena trófica del ecosistema acuático.
- La acumulación progresiva de sedimentos contaminados puede alterar las propiedades físicas del cuerpo receptor, reduciendo su capacidad de autor regeneración y calidad ecosistémica.

d. Comparación con estudios previos

Diversos estudios realizados en la zona (e.g., Repositorio UDH, 2019) ya advertían sobre la presencia de metales pesados en la Laguna Naticocha, pero esta investigación confirma con mayor precisión **la relación causa-efecto** entre la actividad minera y la contaminación sedimentaria, proporcionando datos actualizados (2023) y localizados en estaciones específicas.

CONCLUSIONES

- La investigación confirmó que la presencia de sedimentos con altos niveles de metales pesados en la Laguna Naticocha probablemente está directamente relacionada con la actividad minera de la Unidad Minera Animón. Los sedimentos actúan como un indicador efectivo de contaminación ambiental acumulada en el cuerpo receptor.
- La Laguna Naticocha es el principal cuerpo receptor afectado por probablemente por componentes mineros de la Unidad Minera Animón. Esto se verificó a través de la identificación geoespacial de las descargas provenientes de las pozas de sedimentación y la planta de tratamiento de aguas residuales industriales, cuyos efluentes son descargados directamente hacia la laguna,
- Se comprobó la presencia elevada de metales pesados en los sedimentos del cuerpo receptor. Las concentraciones de metales como arsénico, cadmio, cobre, plomo, mercurio y zinc superaron ampliamente los valores guía internacionales (Canadian Sediment Quality Guidelines), lo cual indica un nivel de contaminación sedimentaria significativo. La estación Sed4 fue la más crítica, presentando valores extremadamente altos lo que también podríamos mencionar que los sedimentos podrían ser generados por fuentes naturales.
- En las estaciones Sed1, Sed2 y Sed3 son menores la presencia de contaminantes, pero en muchos de ellos no cumple con los valores guía establecidos por las Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life y estas estaciones de monitoreo están más ligados a los efluentes mineros de la Unidad Minera Animón.

- Los sedimentos contaminados evidencian una afectación a la calidad del recurso hídrico receptor. El volumen y carga de metales acumulados en los sedimentos representan un riesgo ambiental potencial para los organismos acuáticos y para el equilibrio ecológico del sistema. Además, el patrón de acumulación sugiere que los sedimentos contaminados pueden actuar como una fuente secundaria de contaminación si no se gestionan adecuadamente.
- Estas conclusiones respaldan la necesidad de fortalecer el control ambiental en operaciones mineras, implementar tecnologías más eficientes de tratamiento de aguas y considerar planes de remediación para cuerpos de agua impactados por actividades industriales.

RECOMENDACIONES

1. Fortalecer el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, se recomienda mejorar el proceso actual de tratamiento de aguas antes de su vertido en la Laguna Naticocha, mediante: Optimización de los reactivos químicos utilizados (cal y floculantes). Aumentar la capacidad de retención y sedimentación en las pozas para evitar el arrastre de partículas finas y metales.
2. Implementar un plan de monitoreo continuo de sedimentos, dado que los sedimentos actúan como indicadores de contaminación acumulada, se recomienda establecer un programa periódico de monitoreo, que incluya: Muestreo trimestral o semestral en estaciones fijas (Sed1, Sed2, Sed3, Sed4). Análisis físico-químico de metales pesados y compuestos tóxicos. Registro y análisis de tendencias a largo plazo para identificar nuevas fuentes o acumulaciones anómalas.
3. Diseñar e implementar un plan de remediación de sedimentos contaminados, debido a los altos niveles de metales encontrados, especialmente en Sed4.
4. Fortalecer la gestión ambiental de los residuos mineros, se recomienda revisar y actualizar los procedimientos de manejo de residuos sólidos (relaves, lodos y sedimentos secos), incluyendo: Mejoras en el diseño de la cancha de relaves para evitar filtraciones, asegurar que los sedimentos sean confinados adecuadamente en áreas impermeabilizadas y implementar controles para evitar el arrastre de partículas al sistema hídrico.

- 5.** Fomentar la transparencia y participación comunitaria, es clave que la Unidad Minera Animon: Socialice los resultados del monitoreo ambiental con la población local y autoridades, establezca canales de diálogo permanente sobre la calidad del agua y sedimentos de la Laguna Naticocha, promueva actividades de educación ambiental para la vigilancia comunitaria del recurso hídrico.
- 6.** Revisar los permisos de vertimiento y compatibilidad normativa, se sugiere coordinar con las autoridades ambientales (OEFA, ANA, MINAM) para: Verificar si las concentraciones actuales de metales en los sedimentos son compatibles con los Límites Máximos Permisibles (LMP) nacionales.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Arias Galicia, F. (2012). El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica (6.^a ed.). Episteme.
- Alegre, Laura. (2022). Evaluación del riesgo de exposición de metales pesados en el agua sobre las poblaciones adyacentes de las quebradas pacchac y pucaurán huaraz-ancash, entre los años 1996 AL 2014. LIMA - PERÚ: Universidad Peruana Cayetano Heredia. Recuperado el 2024, de https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/12183/Evaluacion_AlegreBustamante_Laura.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Castillo, Alba. (2010). Control de sedimentos en pequeña minería aurífera en hoja de lata, municipio Sifontes, estado Bolívar. Caracas: Universidad Central de Venezuela. Recuperado el 2024, de http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/677/1/Tesis_La_Barbera.pdf
- Clean Water. (2019). ¿Qué son los sedimentos? Clean Water. Recuperado el 2024, de https://www.marc.org/sites/default/files/2022-06/sediment_espanol.pdf.
- Dan Collyns. (2024). Comunidades envenenadas por la minería en Cerro de Pasco exigen que se les atienda. Pasco - Perú: Mongabay. Recuperado el 2024, de <https://es.mongabay.com/2024/01/peru-comunidades-envenenadas-por-mineria-cerro-de-pasco/>.
- Gutiérrez, Margarita; Romero, Francisco y González, Galia. (2009). Suelos y sedimentos afectados por la dispersión de jales inactivos de sulfuros metálicos en la zona minera de Santa Bárbara, Chihuahua, México. Mexico: Scielo. Recuperado el 2024, de

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1026-87742007000200005.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014).

Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill.

Mapcarta. (n.d.). *Laguna Naticocha*. Recuperado de <https://mapcarta.com>.

MEM. (2014). Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero. Perú: Ministerio de Energía y Minas. Recuperado el 2024, de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3442726/REXPLOT%202023.pdf>.

Milliman y Syvitski. (1992). Los sedimentos, en cuanto contaminantes físicos.

Recuperado el 2024, de <https://www.fao.org/4/w2598s/w2598s04.htm>.

MINAM. (2017). Ley de gestión integral de residuos sólidos. Perú: Ministerio del

Ambiente. Recuperado el 2024, de https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/dl_1278.pdf.

MINAN. (2019). Glosario de términos. Lima-Perú: Ministerio del Ambiente.

Recuperado el 2024, de <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>.

OEFA. (2022). Instrumentos Básico. Perú: Organismos de Evaluación y

Fiscalización Ambiental. Recuperado el 2024, de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978.8.

Paz Antonio. (2023). Ríos en riesgo: minería provoca cambios profundos en afluentes de todo el mundo. Brasil: Mongabay. Recuperado el 2024, de <https://es.mongabay.com/2023/09/rios-en-riesgo-mineria-provoca-cambios-en-afluentes-de-todo-el-mundo-estudio/>.

Quispe, Raul; Quispe, Germán; Chui, Hber; Cáceres, Samuel y Yábar, Percy. (2016). Concentración de metales pesados: cromo, cadmio y plomo en los sedimentos superficiales en el río Coata, Perú. Puno-Perú: Scielo. Recuperado el 2024, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602019000200003.

Repositorio UDH. (2019). *Estudio sobre la presencia de metales pesados en la laguna Naticocha, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, Perú.* Repositorio UDH. Recuperado de [URL del repositorio si disponible]

Tamayo y Tamayo, M. (2004). El proceso de la investigación científica (6.^a ed.). Limusa.

Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.

ANEXOS

ANEXO 1

Resultado del informe de ensayo



INSPECTORATE

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 08644L/23-MA

Pag. 1 / 3

ORGANISMO ACREDITADO	:	INSPECTORATE SERVICES PERÚ S.A.C
REGISTRO DE ACREDITACIÓN	:	Nº LE - 031
CLIENTE	:	COMPAÑIA MINERA CHUNGAR SAC
DIRECCIÓN	:	AV. MANUEL OLGUÍN 375, PISO 7, URB. LOS GRANADOS, SANTIAGO DE SURCO
PRODUCTO	:	SEDIMENTOS
MATRIZ	:	SEDIMENTOS
NÚMERO DE MUESTRAS	:	4
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS	:	FRASCO PLÁSTICO (BOCA ANCHA)
PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS	:	MUESTRAS RECOLECTADAS POR INSPECTORATE SERVICES PERÚ S.A.C.
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	:	P-OMA-004 MUESTREO DE SUELOS, SEDIMENTOS Y LODOS
FECHA DE MUESTREO	:	07/07/2023
LUGAR DE MUESTREO	:	-
REFERENCIA DEL CLIENTE	:	MONITOREO MENSUAL DE SEDIMENTO / U.M. ANIMÓN
FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS	:	15/07/2023
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO	:	15/07/2023
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	:	20/07/2023
SOLICITUD DE SERVICIO	:	SS-07042-23 - OMA

Callao, 20 de Julio de 2023

Inspectorate Services Perú S.A.C
A Bureau Veritas Group Company

Firma Digitalizada por
ANAYA GEORGETTE LOIPE SALAZAR
Fecha: 24/07/2023 05:36:15 PM
C.I.P. 190287
Jefe de Laboratorio

INSPECTORATE





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 08644L/23-MA

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Estación de Muestreo	Sed1	Sed2	Sed3	Sed4
Fecha de Muestreo	07/07/2023	07/07/2023	07/07/2023	07/07/2023
Hora de Muestreo	10:54	09:35	09:22	13:00
Código de Laboratorio	008222-0055	008222-0056	008222-0057	008222-0058
Georreferencia	Coordenadas WG584 E: 344012 - N: 8780834 E: 343947 - N: 8780956 E: 343992 - N: 8781013 E: 344526 - N: 8780758			
Matriz	SED	SED	SED	SED

Ensayos Medio Ambiente

Metales en suelo ICP-MS

Ensayo	Unidad	L.C.	L.D.				
Litio (Li)	mg/Kg	0,09	0,05	18,44	12,80	12,35	11,97
Boro (B)	mg/Kg	0,12	0,07	31,27	18,19	17,52	18,76
Berilio (Be)	mg/Kg	0,05	0,03	0,80	0,60	0,80	0,80
Aluminio (Al)	mg/Kg	2,00	1,09	4 223,29	2 549,98	2 417,36	7 443,33
Fósforo (P)	mg/Kg	1,85	1,06	410,90	209,32	221,05	733,76
Titanio (Ti)	mg/Kg	0,30	0,16	44,70	24,79	24,89	220,11
Vanadio (V)	mg/Kg	0,50	0,33	15,03	11,60	11,35	25,74
Cromo (Cr)	mg/Kg	0,08	0,04	13,03	4,80	4,38	11,18
Manganeso (Mn)	mg/Kg	0,70	0,40	5 300,88	6 190,92	6 829,70	7 436,94
Cobalto (Co)	mg/Kg	0,03	0,02	6,82	5,80	5,97	9,98
Níquel (Ni)	mg/Kg	0,07	0,04	9,22	4,60	4,58	17,96
Cobre (Cu)	mg/Kg	0,23	0,13	96,22	59,18	59,34	323,48
Zinc (Zn)	mg/Kg	0,50	0,33	1 832,63	2 223,71	2 682,61	16 072,40
Arsenico (As)	mg/Kg	0,50	0,27	86,59	98,96	104,75	182,99
Selenio (Se)	mg/Kg	0,09	0,06	2,81	2,40	1,79	2,00
Estroncio (Sr)	mg/Kg	0,30	0,15	1 332,93	1 616,95	1 648,06	102,97
Molibdeno (Mo)	mg/Kg	0,05	0,03	46,10	54,78	45,60	13,37
Plata (Ag)	mg/Kg	0,06	0,03	6,82	5,20	6,17	23,15
Cadmio (Cd)	mg/Kg	0,05	0,03	3,01	2,40	3,78	20,75
Estaño (Sn)	mg/Kg	0,08	0,04	2,21	1,40	1,59	2,59
Antimonio (Sb)	mg/Kg	0,07	0,04	23,85	25,79	26,88	35,52
Bario (Ba)	mg/Kg	0,05	0,03	99,42	171,33	178,03	103,77
Cerio (Ce)	mg/Kg	0,06	0,03	14,23	10,20	10,36	20,55
Mercurio (Hg)	mg/Kg	0,03	0,02	0,20	0,20	0,20	0,60
Talio (Tl)	mg/Kg	0,04	0,02	2,41	0,60	1,20	0,60
Plomo (Pb)	mg/Kg	0,50	0,30	741,03	425,63	412,02	3 989,71
Bismuto (Bi)	mg/Kg	0,04	0,02	4,61	2,60	3,19	11,97
Torio (Th)	mg/Kg	0,13	0,07	0,80	0,60	0,60	1,60
Uranio (U)	mg/Kg	0,03	0,02	0,60	0,60	0,60	0,60
Sodio (Na)	mg/Kg	6,00	3,46	571,86	451,22	415,80	301,53
Magnesio (Mg)	mg/Kg	2,00	1,19	3 642,41	2 944,82	2 723,24	3 710,89
Potasio (K)	mg/Kg	2,00	1,15	652,24	455,82	395,09	443,01
Calcio (Ca)	mg/Kg	4,50	2,75	222 118,66	265 814,27	288 079,70	32 812,10
Hierro (Fe)	mg/Kg	2,00	1,17	9 169,77	5 779,89	6 484,59	41 799,57

MÉTODOS DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Metales en suelo ICP-MS (Aluminio, Antimonio, Arsenico, Bario,	EPA 3050B Rev. 2 - 1996 / EPA 6020B Rev. 2 - July 2014 2014 Acid Digestion of

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.

Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de muestreo).

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).

* "valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando ese aplicable.

A excepción de los productos perechiles los tiempos de custodia dependen del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como mínimo.





INSPECTORATE

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 031



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 08644L/23-MA

Pag. 3 / 3

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Berilio, Bismuto, Boro, Cadmio, Calcio, Cerio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estroncio, Hierro, Fósforo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Torio, Uranio, Vanadio Y Zinc)	Sediments, Sludges and Soils/ Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry

MATRICES

MATRIZ	DESCRIPCIÓN
SED	SEDIMENTOS

NOTAS

Las muestras que ingresaron al Laboratorio en condiciones idóneas para la realización de los análisis solicitados, se emiten acreditadas según alcance ante INACAL-DA.

*"L.C." significa Límite de cuantificación.

*"L.D." significa Límite de detección.



INSPECTORATE



ANEXO 02

Imágenes de la investigación

Imagen 001: Vista de la Laguna Naticocha influenciado por los componentes mineros



Imagen 002: Vista de la Chimenea principal



Imagen 003: Vista de la Laguna Naticocha influenciado por los componentes mineros



Imagen 004: Evaluación de la zona de estudio



Imagen 005: Vista de las pozas de sedimentación



Imagen 006: Visita al relleno hidráulico



Imagen 007: Visita al vertimiento Naticocha Norte



Imagen 008: Vista al vertimiento Naticocha Norte



Imagen 009: Monitoreo a la Planta de Tratamiento de Aguas Domésticas



Imagen 010: Evaluación de los parámetros

