



**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**  
**MONITOREO DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO HUALLAGA**

**Línea de investigación:**

**Biodiversidad, ecología y conservación**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de  
Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Ayuque Quispilaya, Ademir Oskar

**Asesor:**

Rivera Murillo, Jhoana Juliana

ORCID: 0009-0007-7185-6534

**Jurado:**

Gomez Escriba, Benigno Paulo

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Guillen Leon, Rogelia

**Lima - Perú**

**2024**



# 9% Similitud general

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

## Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

# **FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**

**MONITOREO DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO  
HUALLAGA**

Línea de Investigación:  
Biodiversidad, Ecología y Conservación

Informe de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Ayuque Quispilaya, Ademir Oskar

ORCID: 0009-0000-3641-0894

**Asesor:**

Rivera Murillo, Jhoana Juliana

ORCID: 0009-0007-7185-6534

**Jurado:**

Gomez Escriba, Benigno Paulo

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Guillen Leon, Rogelia

**Lima - Perú**

**2024**

# ÍNDICE

Resumen.....	6
Abstrac.....	7
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
1.1. Trayectoria del autor .....	8
1.2. Descripción de la empresa .....	13
1.3. Organigrama de la empresa.....	13
<b>II. MONITOREO DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO HUALLAGA.....</b>	<b>15</b>
2.1. Generalidades.....	15
2.2. Objetivos .....	16
2.2.1. <i>Objetivo general</i> .....	16
2.3. Antecedentes.....	16
2.4. Metodología .....	18
2.4.1. <i>Trabajos de gabinete</i> .....	18
2.5. Resultados.....	22
2.5.1. <i>Resultados del monitoreo de sedimentos en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .	22
2.5.2. <i>Resultados del monitoreo de sedimentos en el punto AT-SED-UD1</i> .....	61
2.5.3. <i>Resultados de monitoreo de sedimentos en el punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4</i> .....	66
2.6. Discusión de resultados.....	73
<b>III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA .....</b>	<b>76</b>
<b>IV. CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>V. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>80</b>
<b>VI. REFERENCIAS .....</b>	<b>81</b>
<b>VII. ANEXOS .....</b>	<b>82</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Ubicación de los puntos de monitoreo de sedimentos</i> .....	20
<b>Tabla 2</b> <i>Resultados de monitoreo de sedimentos post limpieza y remediación - Punto de monitoreo ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	84
<b>Tabla 3</b> <i>Resultados de monitoreo de sedimentos aguas arriba del punto de monitoreo ESP-SED-01 y ESP-SED-02 en el cauce del río Huallaga, punto de monitoreo AT-SED-UD1</i> .....	86
<b>Tabla 4</b> <i>Resultados de monitoreo de sedimentos aguas arriba del punto de monitoreo ESP-SED-01 y ESP-SED-02 - Punto de monitoreo ATNF-SED-UD1 y ATNF-SED-UD2</i> .....	88
<b>Tabla 5</b> <i>Resultados de monitoreo de sedimentos aguas arriba del punto de monitoreo ESP-SED-01 y ESP-SED-02 - Punto de monitoreo ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4</i> .....	90

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Organigrama de Nexa Resources Atacocha S.A.A.</i> .....	14
<b>Figura 2</b> <i>Concentración de Aluminio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	23
<b>Figura 3</b> <i>Concentración de Antimonio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	24
<b>Figura 4</b> <i>Concentración de Arsénico Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	25
<b>Figura 5</b> <i>Concentración de Bario Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	26
<b>Figura 6</b> <i>Concentración de Berilio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	27
<b>Figura 7</b> <i>Concentración de Bismuto Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	28
<b>Figura 8</b> <i>Concentración de Boro Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	29
<b>Figura 9</b> <i>Concentración de Cadmio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	30
<b>Figura 10</b> <i>Concentración de Calcio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	31
<b>Figura 11</b> <i>Concentración de Circonio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	32
<b>Figura 12</b> <i>Concentración de Cobalto Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	33
<b>Figura 13</b> <i>Concentración de Cobre Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	34
<b>Figura 14</b> <i>Concentración de Cromo Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	35
<b>Figura 15</b> <i>Concentración de Escandio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	36
<b>Figura 16</b> <i>Concentración de Estaño Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	37
<b>Figura 17</b> <i>Concentración de Estroncio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	38
<b>Figura 18</b> <i>Concentración de Fosforo Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	39
<b>Figura 19</b> <i>Concentración de Hierro Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	40
<b>Figura 20</b> <i>Concentración de Lantano Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	41
<b>Figura 21</b> <i>Concentración de Litio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	42
<b>Figura 22</b> <i>Concentración de Magnesio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	43
<b>Figura 23</b> <i>Concentración de Manganeso Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	44
<b>Figura 24</b> <i>Concentración de Mercurio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	45
<b>Figura 25</b> <i>Concentración de Molibdeno Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	46
<b>Figura 26</b> <i>Concentración de Níquel Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	47

<b>Figura 27</b> <i>Concentración de Plata Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	48
<b>Figura 28</b> <i>Concentración de Plomo Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	49
<b>Figura 29</b> <i>Concentración de Potasio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	50
<b>Figura 30</b> <i>Concentración de Selenio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	51
<b>Figura 31</b> <i>Concentración de Sodio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	52
<b>Figura 32</b> <i>Concentración de Talio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	53
<b>Figura 33</b> <i>Concentración de Thorio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	54
<b>Figura 34</b> <i>Concentración de Titanio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	55
<b>Figura 35</b> <i>Concentración de Uranio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	56
<b>Figura 36</b> <i>Concentración de Vanadio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	57
<b>Figura 37</b> <i>Concentración de Wolframio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	58
<b>Figura 38</b> <i>Concentración de Ytrio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	59
<b>Figura 39</b> <i>Concentración de Zinc Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02</i> .....	60
<b>Figura 40</b> <i>Concentración de Antimonio Total en el punto AT-SED-UD1, ESP-SED-02 y ESP-SED-01</i> .....	62
<b>Figura 41</b> <i>Concentración de Circonio Total en el punto AT-SED-UD1, ESP-SED-02 y ESP-SED-01</i> .....	63
<b>Figura 42</b> <i>Concentración de Molibdeno Total en el punto AT-SED-UD1, ESP-SED-02 y ESP-SED-01</i> .....	64
<b>Figura 43</b> <i>Concentración de Titanio Total en el punto AT-SED-UD1, ESP-SED-02 y ESP-SED-01</i> .	65
<b>Figura 44</b> <i>Concentración de Antimonio Total en el punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF- SED-UD3, ATNF-SED-UD4, ESP-SED-02 y ESP-SED-01</i> .....	68
<b>Figura 45</b> <i>Concentración de Circonio Total en el punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF- SED-UD3, ATNF-SED-UD4, ESP-SED-02 y ESP-SED-01</i> .....	69
<b>Figura 46</b> <i>Concentración de Molibdeno Total en el punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF- SED-UD3, ATNF-SED-UD4, ESP-SED-02 y ESP-SED-01</i> .....	71
<b>Figura 47</b> <i>Concentración de Titanio Total en el punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED- UD3, ATNF-SED-UD4, ESP-SED-02 y ESP-SED-01</i> .....	72

## Resumen

El informe tiene por propósito el instituir la posible causa de la presencia de metales en los sedimentos de la cuenca alta del río Huallaga, para lo cual el autor ha realizado el estudio de los resultados del monitoreo de sedimentos del punto de monitoreo ESP-SED-01 y ha comparado con el resultado del punto de monitoreo ESP-SED-02, los cuales fueron obtenidos luego de haber realizado las actividades de limpieza y compensación del cauce del río antes mencionado, así mismo el autor ha realizado el estudio de los resultados del monitoreo de sedimentos del punto AT-SED-UD1 y ha comparado con el resultado del punto de monitoreo ESP-SED-01 y ESP-SED-02, los cuales fueron obtenidos de la revisión de antecedentes de monitoreos de sedimentos en el cauce del río Huallaga y finalmente el autor ha realizado el estudio de los resultados del monitoreo de sedimentos del punto de monitoreo ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3, ATNF-SED-UD4 y ha comparado con el resultado del punto de monitoreo ESP-SED-01 y ESP-SED-02, los cuales fueron obtenidos de la revisión de antecedentes de monitoreo de sedimentos en quebradas adyacentes y tributarias del río Huallaga; determinado que existe directamente una relación entre las concentraciones de los sedimentos de los puntos de monitoreo realizados y concluyendo de esta forma que la presencia de la concentración de metales se debe a factores naturales y no a factores antrópicos, por lo que se descarta que la concentración de metales en el cauce del río Huallaga pueda ser atribuida a las operaciones de la unidad minera Atacocha.

*Palabras claves:* monitoreo de sedimentos, metales en sedimentos, factores naturales, factores antrópicos

### **Abstrac**

The purpose of the report is to establish the possible cause of the presence of metals in the sediments of the upper basin of the Huallaga River, for which the author has carried out the study of the results of sediment monitoring at the ESP-SED monitoring point. 01 and compared with the result of the monitoring point ESP-SED-02, which were obtained after having carried out the cleaning and compensation activities of the aforementioned river bed, likewise the author has carried out the study of the results of the sediment monitoring of point AT-SED-UD1 and compared with the result of monitoring point ESP-SED-01 and ESP-SED-02, which were obtained from the review of sediment monitoring background in the riverbed Huallaga and finally the author has carried out the study of the results of the sediment monitoring of the monitoring point ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3, ATNF-SED-UD4 and has compared it with the result of the monitoring point ESP-SED-01 and ESP-SED-02, which were obtained from the review of sediment monitoring records in adjacent streams and tributaries of the Huallaga River; determined that there is a direct relationship between the concentrations of the sediments of the monitoring points carried out and thus concluding that the presence of the concentration of metals is due to natural factors and not to anthropogenic factors, so it is ruled out that the concentration of metals in the bed of the Huallaga River can be attributed to the operations of the Atacocha mining unit.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Trayectoria del autor

El autor del presente trabajo de suficiencia profesional, Ademir Oskar Ayuque Quispilaya (en adelante, el autor), es bachiller en Ingeniería Ambiental, cuenta con 03 años de experiencia en consultoría ambiental para el sector minería y 07 años de experiencia en unidades mineras como parte del equipo de Medio Ambiente.

A continuación, el autor presenta un resumen de la trayectoria profesional que tiene a la presente fecha.

- De noviembre 2012 a noviembre 2014, el autor se desempeñó como Asistente Ambiental en Asesores y Consultores Mineros S.A. (en adelante, ACOMISA), donde elaboró capítulos del Plan de Cierre de Minas (en adelante, PCM), específicamente del Capítulo I referido a la Introducción, describiendo los aspectos generales de los proyectos, Capítulo II referido a los Componentes del Cierre, donde describió las características de las infraestructuras mineras, Capítulo III referido a las Condiciones Actuales del Área del Proyecto, donde describió el medio físico y biológico donde se emplaza el proyecto, Capítulo V referido a las Actividades de Cierre, donde describió las acciones de cierre y rehabilitación para lograr el cierre planificado de cada componente minero, Capítulo VI referido al Mantenimiento y Monitoreo Post-Cierre, donde describió las acciones que se ejecutarán una vez culminado el cierre de cada componente minero y Capítulo VII referido al Cronograma, Presupuesto y Cálculo de Garantía Financiera, donde realizó la elaboración del presupuesto, cronograma y cálculo de garantía financiera de los proyectos.

Finalmente, el autor realizó las funciones de elaboración de Informes Técnicos Sustentatorios (en adelante, ITS), donde describió las mejoras o proyectos a

implementar, así como la descripción del ambiente biológico y físico de los proyectos mineros, así como también realizó las funciones de elaboración de expedientes de Declaración de Impacto Ambiental (en adelante, DIA) y expediente Estudios de Impacto Ambiental Semi Detallado (en adelante, EIA-sd), donde describió los proyectos a implementar, así también la descripción ambiente biológico y físico, así como también identificación y evaluación de impactos al medio ambiente y el plan de manejo ambiental de los proyectos mineros.

- De noviembre 2014 a marzo 2015, el autor se desempeñó como Jefe del Área de PCM en la consultora ACOMISA, donde realizó las funciones de revisión, supervisión y control de calidad de los capítulos del PCM, específicamente del Capítulo I, Capítulo II, Capítulo III, Capítulo V, Capítulo VI y Capítulo VII.

Finalmente, el autor realizó las funciones de revisión y control de calidad de ITS, DIA y EIA-sd.

- De diciembre 2015 a marzo 2019, el autor se desempeñó como Supervisor de Cierre de Minas en la empresa Cía. Minera Poderosa S.A., donde realizó las funciones de liderazgo de la sub gestión de Cierre de Minas dentro de la unidad de producción Maraón y Santa María, así como del proyecto de exploración Misquichilca, realizando actividades de gestión y supervisión de las obras de cierre y rehabilitación, así como también el mantenimiento y monitoreo post-cierre, todas a cargo de las empresas contratistas, logrando realizar el cierre de Bocaminas, Desmonteras, Depósitos de Relaves, Plataformas de Perforación, Infraestructuras Auxiliares y Accesos; así mismo realizó actividades de elaboración de los informes semestrales de avance de cierre y rehabilitación progresiva e informes de cierre final para reporte ante el Ministerio de Energía y Minas (en adelante, MINEM), Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, OEFA) y el

- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (en adelante, OSINERGMIN); también realizó las funciones de seguimiento y revisión de los avances e informe final de los expedientes ambientales a cargo de las consultoras ambientales; además realizó las funciones de liderazgo en la gestión y supervisión de compromisos ambientales y requisitos legales aplicables a las distintas áreas de la unidad minera, realizando acompañamiento para la adecuación y el cumplimiento de los mismos, dando soporte con criterio técnico viable; igualmente realizó las funciones de supervisión a las otras sub gestiones del área de Gestión Ambiental, como gestión de recursos hídricos (supervisiones a las plantas de tratamiento, seguimiento y análisis de los monitoreos y parámetros diarios), gestión de residuos sólidos (supervisiones a los rellenos sanitarios, seguimiento de los depósitos temporales para evacuación de residuos sólidos peligrosos y gestión de monitoreos. Finalmente, el autor realizó las funciones de gestión de oportunidades de mejora en la gestión y optimización costos en las sub-gestiones del área de Gestión Ambiental y gestión de contratación de servicios técnicos para la contratación de consultoras ambientales, además de la evaluación de los postores durante las licitaciones.
- De abril 2019 a octubre 2023, el autor se desempeñó como Ingeniero de Medio Ambiente Senior en la empresa Nexa Resources Atacocha S.A.A., donde realizó las funciones de liderazgo del equipo de atención y respuesta al OEFA, OSINERGMIN, Autoridad Nacional de Agua (en adelante, ANA) y Fiscalía Especializada en Material Ambiental (en adelante, FEMA), realizando y sosteniendo reuniones entre el área operativa, Legal y de Medio Ambiente para el lineamiento de la estrategia de atención y respuesta a los organismos antes mencionados, y realizando informes técnicos de respuesta y/o descargo de los procesos administrativos sancionadores (en adelante, PAS); así mismo realizó las funciones de identificación de estrategias

preventivas para evitar los inicios de PAS, realizando el seguimiento de hallazgos, medidas preventivas y medidas correctivas hasta su levantamiento y cumplimiento; también realizó las funciones de liderazgo de la sub gestión de PCM de la unidad de producción Atacocha y El Porvenir, realizando actividades de gestión y supervisión de la ejecución de las obras de cierre y rehabilitación, así como también mantenimiento y monitoreo post-cierre, todas a cargo de las empresas contratistas, logrando realizar el cierre de Bocaminas, Depósitos de Relaves e Infraestructuras Auxiliares; además realizó las funciones de elaboración de los informes semestrales de avance de cierre y rehabilitación progresiva e informes de cierre final para reporte ante el MINEM, OEFA y el OSINERGMIN, y la gestión para la emisión de las cartas fianza anuales; igualmente realizó las funciones de seguimiento y revisión de los avances e informe final de los expedientes ambientales a cargo de las consultoras ambientales; de igual modo realizó las funciones de liderazgo en la gestión y supervisión de compromisos ambientales y requisitos legales aplicables a las distintas áreas de la unidad minera para evaluar su desempeño ambiental, proponiendo junto a los dueños de área las mejoras necesarias que garanticen la prevención de la ocurrencia de emergencias ambientales, dando soporte con criterio técnico viable; de igual manera realizó las funciones de supervisión a las otras sub gestiones del área de Medio Ambiente, como gestión de Aguas realizando supervisiones a las plantas de tratamiento, seguimiento y análisis de los monitoreos diarios, mensuales y trimestrales para reporte a las gerencias, Índice de Desempeño Ambiental (IDA) y las plataformas de reporte del estado Sistema de Monitorio de Calidad del Agua, OEFA, MINEM; de igual forma realizó las funciones de evaluador del desempeño de la contratista a cargo de las plantas de tratamiento de agua potable y residuales, con la capacidad técnica para proponer mejoras y lograr

la eficiencia de los mismos; de la misma manera realizó las funciones de supervisión a la gestión de residuos sólidos realizando inspecciones técnicas a los rellenos sanitarios para verificar que la disposición de los residuos cumpla con los parámetros de diseño, también realizó la verificación de los depósitos temporales para programar la evacuación de residuos peligrosos y comercializables, además de la evaluación del desempeño de la contratista a cargo del plan de manejo de la unidad, proponiendo mejoras para lograr la eficiencia de la Gestión Integral de los RRSS de la unidad minera.

Finalmente, el autor realizó las funciones de gestión de oportunidades de mejora en la gestión y optimización costos en las sub-gestiones del área de Medio Ambiente y gestión de contratación de servicios técnicos para la contratación de consultoras ambientales, además de la evaluación de los postores durante las licitaciones.

- De mayo 2024 a la actualidad, el autor viene desempeñándose como Supervisor de Medio Ambiente en Sociedad Minera Corona S.A., donde realiza las funciones de implementador del Sistema de Gestión Ambiental, Índice de Desempeño Ambiental (IDA) y Evaluación de Desempeño Ambiental (EDA) de la unidad minera Yauricocha, también realiza la supervisión a las sub gestiones del área de Medio Ambiente, inspeccionando la gestión de recursos hídricos, gestión de residuos sólidos, gestión de cierre de minas, así como a cada contratista que forma parte del equipo de Medio Ambiente, así mismo realiza las funciones de supervisión a las distintas áreas operativas de la unidad minera Yauricocha.

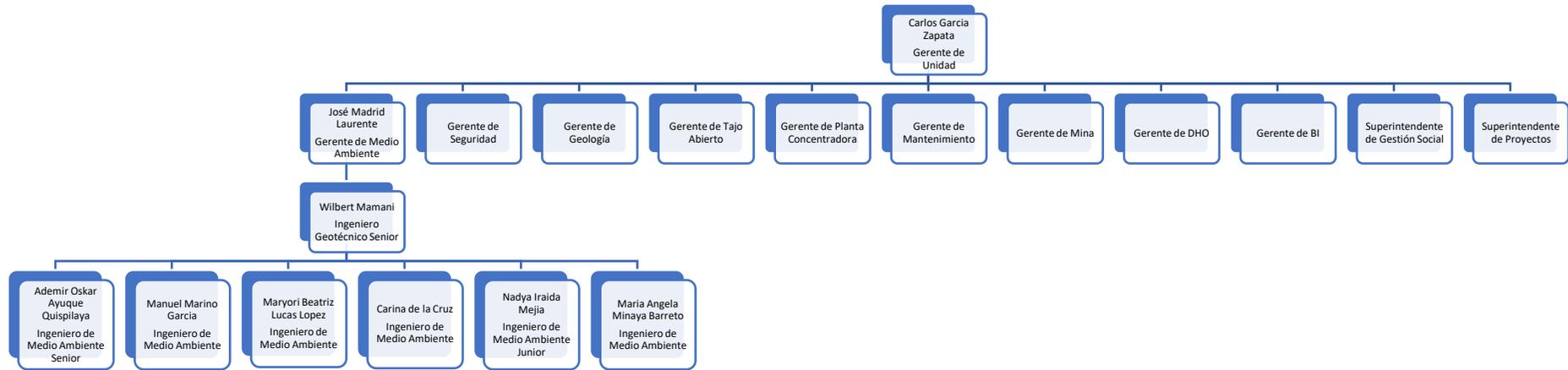
## **1.2. Descripción de la empresa**

Nexa Resources Atacocha S.A.A. (en adelante, NEXA), es una empresa minera polimetálica que inicio operaciones en 1938, se emplaza en el distrito de Yanacancha y San Francisco de Asís de Yarusyacán, provincia y departamento de Pasco, produce concentrados de zinc, plomo, plata y oro, en 2023 produjo aproximadamente 8.2 mil toneladas de zinc contenidas en concentrados, 11.1 mil toneladas de plomo contenidas en concentrados, 1,399.7 mil onzas de plata contenidas en concentrados y 7.6 mil onzas de oro contenidas en concentrados, actualmente el mineral explotado proviene del Tajo Abierto San Gerardo y es tratado en la Planta Concentradora Chicrín N° 2 que tiene una capacidad instalada de 4,400 TMD.

## **1.3. Organigrama de la empresa**

**Figura 1**

*Organigrama de Nexa Resources Atacocha S.A.A.*



*Nota.* Obtenido de la documentación de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

## **II. MONITOREO DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO HUALLAGA**

### **2.1. Generalidades**

El autor durante el tiempo que laboró en la empresa NEXA formo parte del equipo de Medio Ambiente (unidad minera Atacocha y El Porvenir), teniendo como responsabilidad principal el de liderar el equipo de atención y respuesta a los organismos de fiscalización como es el OEFA, OSINERGMIN, ANA y FEMA, encargándose de dar respuesta principalmente a los procesos administrativos sancionadores que tenía en curso la empresa en los distintos niveles del proceso en los que se encontraba.

Como parte de esta actividad específica, el autor tuvo a cargo un PAS, en el cual se ordenaba como medida correctiva la acreditación de la limpieza y resarcimiento del cauce del río Huallaga (zona afectada con fuga de relaves) por una emergencia ambiental, la limpieza y remediación se debía ejecutar desde donde ocurrió la fuga (cuerpo de agua) hasta el punto ESP-SED-01, para lo cual debía exponer resultados del punto de muestreo ESP-SED-01 y compararlo con el punto de muestreo ESP-SED-02; posteriormente como parte de los descargos a este PAS, NEXA presentó ante el OEFA un informe donde se incluía los resultados de los monitoreos pero este informe fue desestimado puesto que de acuerdo a la comparación de resultados había cuatro (04) parámetros que no cumplían con acreditar la realización de la limpieza, por lo que había la necesidad de presentar un nuevo informe sustentando los resultados presentados inicialmente.

En ese sentido, en línea con lo antes mencionado, el autor propuso presentar un informe complementario en el cual se realice una evaluación y análisis de monitoreos de fechas pasadas (antecedentes) con el objetivo de evaluar las concentraciones de los cuatro (04) parámetros que no cumplían con acreditar la ejecución de la limpieza y remediación de la c zona afectada con fuga de relaves (río Huallaga), determinado que había suficiente indicio de que los metales estaban presentes en concentraciones elevadas aguas arriba y en quebradas adyacentes

tributarias del río Huallaga, por lo que estos metales presentes en esas concentraciones no podían ser atribuidas a las actividades de la unidad de producción Atacocha.

## **2.2. Objetivos**

### **2.2.1. *Objetivo general***

Determinar la posible causa de la presencia de metales en los sedimentos de la cuenca alta del río Huallaga.

## **2.3. Antecedentes**

Según Quispe et al. (2019), tal y como menciona en su investigación “Concentración de metales pesados en los sedimentos superficiales en el río Coata, Perú”. La investigación describe la determinación de metales pesados en sedimentos superficiales del río Coata mediante la toma de muestras de sedimentos superficiales en el periodo húmedo y seco en el año 2017. El resultado del artículo de investigación determinó que, la concentración del Cadmio y Plomo varían y descienden desde el punto P-01 hasta el P-05 con mayor concentración en época húmeda que en seca, en el caso del Cromo tiene un comportamiento inverso al Cadmio, la presencia de metales pesados (Plomo, Cromo y Cadmio) en los sedimentos superficiales es debido a la actividad humana, teniendo un alto impacto ambiental. Concluyendo finalmente que, existe presencia de metales pesados (Cadmio, Cromo y Plomo) en los sedimentos superficiales del río Coata, sin embargo, el Plomo y Cadmio no supera el ECA para Suelos, y en el caso del Cromo si supera, así mismo teniendo que las concentraciones de Cadmio y Plomo desciende desde el primer punto hasta el punto cinco, en el caso del Cromo es todo lo contrario.

Según Valenzuela (2019), conforme a lo señalado en su investigación “Cuantificación de la capacidad de transporte de sedimentos en el río Amazonas, Loreto, Perú”. La investigación tenía por objetivo calcular la capacidad de transporte de sedimentos en el río Amazonas. Los resultados establecieron que, existe congruencia entre diversos métodos para

determinar el transporte de fondo por arrastre, y entre otros para determinar el transporte de fondo en suspensión. Concluyendo finalmente que, se logró calcular el transporte de sedimentos de fondo por arrastre y en suspensión por diversos métodos, determinándose que el transporte de sedimentos por arrastre sería en promedio 170.47 kgf/s y por el transporte de fondo sería en promedio a 1,303.18 kgf/s.

Según Nuñez (2021), tal como menciona en su tesis denominada “Modelo Hidráulico de transporte de sedimentos e influencia de los parámetros fluviales, en la confluencia de los ríos Tarma y Tulumayo”. La tesis tenía por objetivo establecer los parámetros fluviales que influyen en la generación de transporte de sedimentos de fondo. La investigación aplicó el método científico con carácter empírico. Los resultados determinaron que, para cada diámetro característico de cada río, se hizo un análisis jerárquico multicriterio para determinar las zonas con cambio morfológico. Concluyendo finalmente que, las sub cuencas de los ríos Tarma y Tulumayo son erosivas, donde el transporte de sedimentos de fondo es más importante, debido a que es el causante de los cambios morfológicos.

Según Quispe (2022), conforme a lo indicado en su tesis denominada “Producción de sedimentos en la cuenca Chilca-Chili-Vitor con el método GAVRILOVIC-XEMLIJC utilizando sistema de información geográfica (SIG)”. La tesis tenía por objetivo estimar la producción de sedimentos anual en la cuenca Quilca Chili Vitor. Los resultados determinaron que, se obtuvo una visión general de manera cuantitativa, el cual tiene un área aportante de 13,427.45 km<sup>2</sup> y estimándose una tasa de producción de sedimento en total de 1,675,439.11 m<sup>3</sup>/año, valor que se considera como la producción natural de la cuenca. Concluyendo finalmente que, los aspectos litológicos-geomorfológicos tienen una definida influencia en la producción de sedimentos en la cuenca.

Según Polar (2023), de acuerdo con su tesis denominada “Comportamiento de los metales pesados y los macroinvertebrados bentónicos, como indicadores de calidad del ambiente ante las distintas presiones antrópicas en la cuenca media del río Santa”. La investigación tenía por objetivo evaluar el comportamiento de las concentraciones de los metales pesados en sedimentos, como indicadores de la calidad ambiental. La tesis fue del tipo aplicada y de nivel no experimental. Los resultados indicaron que, durante el año 2019 las mayores concentraciones de metales pesados fueron registrados en la estación Rsant8 (específicamente el Berilio, Níquel, Manganeso, Talio, Aplana, Selenio, Cobalto, Vanadio, Mercurio, Zinc, Cobre y Cadmio), así mismo en la estación Rsant7 (específicamente el Antimonio y Plomo) y en la estación Rnegr (específicamente el Arsénico); sin embargo, estos resultados comparados con el registro de años anteriores (2013 y 2014) determinaron que los metales pesados son diferentes, solo en el caso del Plomo son valores similares en los periodos antes mencionados. Finalmente concluyendo que, las concentraciones de los metales pesados estarían relacionados con factores antropogénicas, sin embargo, dicha presencia podría deberse a la geología de la cuenca.

## **2.4. Metodología**

En el presente apartado se describe la metodología que empleó el autor para desarrollar el monitoreo de sedimentos naturales en la cuenca alta del río Huallaga, el cual comprendió principalmente en trabajos de gabinete.

### **2.4.1. Trabajos de gabinete**

Los trabajos de gabinete en específico comprendieron actividades recopilación de información (informes de resultados y cadenas de custodia), evaluación de resultados obtenidos de los diferentes monitoreos realizados (2021 y 2022), análisis de resultados obtenidos en los distintos monitoreos realizados (2021 y 2022) y elaboración del informe de interpretación de resultados.

**2.4.1.1. Recopilación de información.** Se realizó la solicitud de información por el portal de Acceso a la Información Pública del OEFA, mediante Expediente N° 2024-E01-064744, los informes de ensayo de los puntos de monitoreo ESP-SED-01 (ubicado a 150 m aguas abajo del punto de fuga de relave, punto de análisis), ESP-SED-02 (ubicado aguas arriba del punto de fuga de relave, punto blanco de referencia), AT-SED-UD1 (ubicado a 1,480 m aguas arriba del punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02, punto aguas arriba) y ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4 (ubicados aguas arriba en quebradas adyacentes y tributarias del río Huallaga, puntos aguas arriba), los cuales están contenidos en el Procedimiento Administrativo Sancionador identificado con Expediente N° 1192-2019-OEFA/DFAI/PAS que tiene en curso a la fecha la empresa Nexa Resources Atacocha S.A.A. La solicitud fue respondida con CARTA N° 02326-2024-OEFA/RAI de fecha 18 de junio del 2024, en la cual remiten toda la información utilizada en la exposición del trabajo de suficiencia profesional.

La ubicación de los puntos de monitoreo de sedimentos se presenta en la Tabla 1 y los resultados del monitoreo de sedimentos se adjuntan en el Anexo 1.

**Tabla 1***Ubicación de los puntos de monitoreo de sedimentos*

Punto de Monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18S		Altitud m.s.n.m.
		Este	Norte	
ESP-SED-01	Río Huallaga, ubicado a 150 m aguas abajo del punto de fuga de relave	369 750	8 830 660	3 538
ESP-SED-02	Río Huallaga, ubicado aguas arriba del punto de fuga de relave	369 927	8 830 440	3 556
AT-SED-UD1	Río Huallaga, ubicado a 1,480 m aguas arriba del punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02	370 213	8 829 620	3 594
ATNF-SED-UD1	Cabecera de la quebrada Lalaquia	366 002	8 830 384	4 228
ATNF-SED-UD2	Quebrada S/N (zona denominada Santa Barbara)	368 142	8 829 672	4 055
ATNF-SED-UD3	Quebrada Huallpahuajay	371 233	8 828 556	3 750
ATNF-SED-UD4	Quebrada S/N (zona denominada San Ramon de Yanapampa)	369 544	8 829 182	3 822

*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.4.1.2. Evaluación de resultados.** Los resultados de los monitoreos de sedimentos se evaluaron en base a los siguientes parámetros:

- Parámetros inorgánicos: Aluminio Total, Antimonio Total, Arsénico Total, Bario Total, Berilio Total, Bismuto Total, Boro Total, Cadmio Total, Calcio Total, Circonio Total, Cobalto Total, Cobre Total, Cromo Total, Escandio Total, Estaño Total, Estroncio Total, Fosforo Total, Hierro Total, Lantano Total, Litio Total, Magnesio Total, Manganeso Total, Mercurio Total, Molibdeno Total, Níquel Total, Plata Total, Plomo Total, Potasio Total, Selenio Total, Sodio Total, Talio Total, Thorio Total, Titanio Total, Uranio Total, Vanadio Total, Wolframio Total, Ytrio Total y Zinc Total.

**2.4.1.3. Análisis de resultados.** Los resultados de los monitoreos de sedimentos se analizaron conforme a las siguientes consideraciones:

- Los resultados del punto ESP-SED-01 fueron comparados con el punto ESP-SED-02, con el objetivo de verificar que los sedimentos del río Huallaga hayan regresado a su condición antes de la ocurrencia de la emergencia ambiental.
- Los resultados del punto AT-SED-UD1, específicamente de los parámetros Antimonio Total, Circonio Total, Molibdeno Total y Titanio Total, fueron comparados con el punto ESP-SED-02 y ESP-SED-01, con el objetivo de verificar la relación que existe entre los sedimentos del punto blanco de referencia, punto de análisis y los sedimentos del río Huallaga aguas arriba.
- Los resultados de los puntos ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4, específicamente de los parámetros Antimonio Total, Circonio Total, Molibdeno Total y Titanio Total, fueron comparados con el punto ESP-SED-02 y ESP-SED-01, con el objetivo de verificar la relación que existe entre los sedimentos del punto blanco de referencia, punto de análisis y los sedimentos de las quebradas adyacentes y tributarias al río Huallaga.

**2.4.1.4. Informe de interpretación de resultados.** La elaboración del informe de interpretación de resultados comprendió principalmente en demostrar el objetivo general del presente informe de suficiencia profesional, el cual comprende en determinar la posible causa de la existencia de metales en los sedimentos de la cuenca alta del río Huallaga.

## **2.5. Resultados**

### ***2.5.1. Resultados del monitoreo de sedimentos en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02***

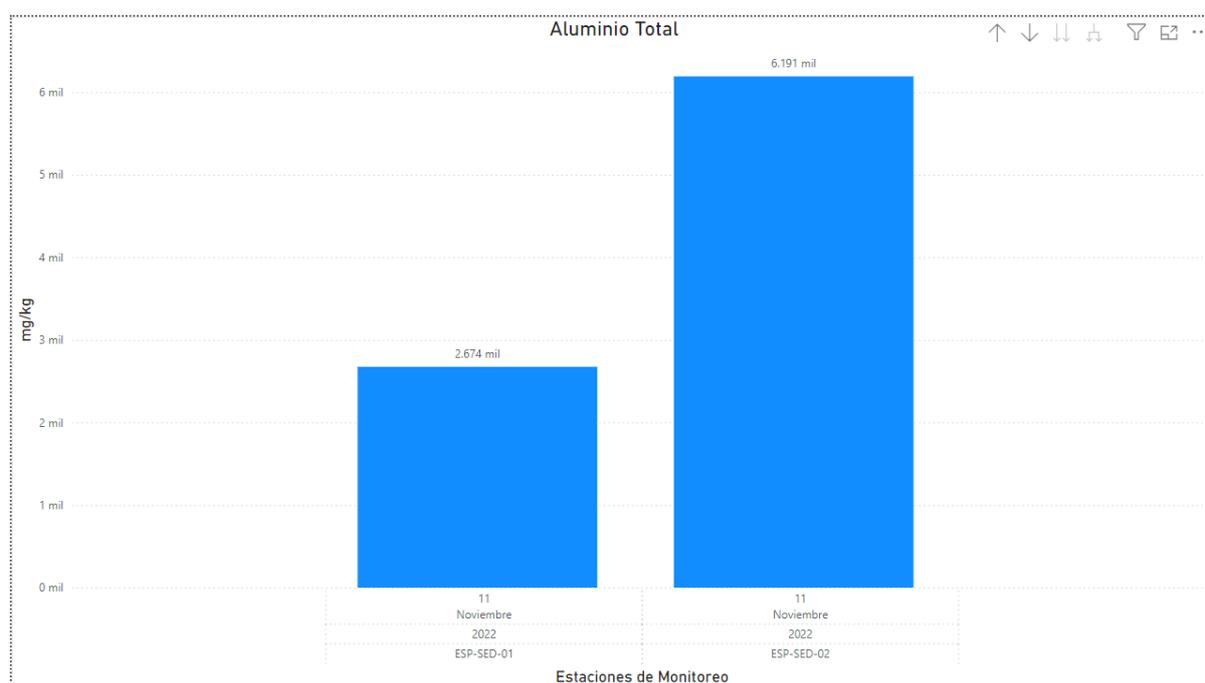
Los resultados del punto ESP-SED-01 fueron comparados con los resultados del punto ESP-SED-02, con el objetivo de verificar que los sedimentos del río Huallaga hayan regresado a su condición antes de la ocurrencia de la emergencia ambiental.

Los resultados del punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02, el cual fue realizado el 11 de noviembre del 2022, se encuentran adjuntados en el Anexo 1 (Tabla 2).

**2.5.1.1. Aluminio Total.** En la Figura 2, se puede observar en cuanto al parámetro de Aluminio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 2,674.488 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 6,191.051 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

## Figura 2

*Concentración de Aluminio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

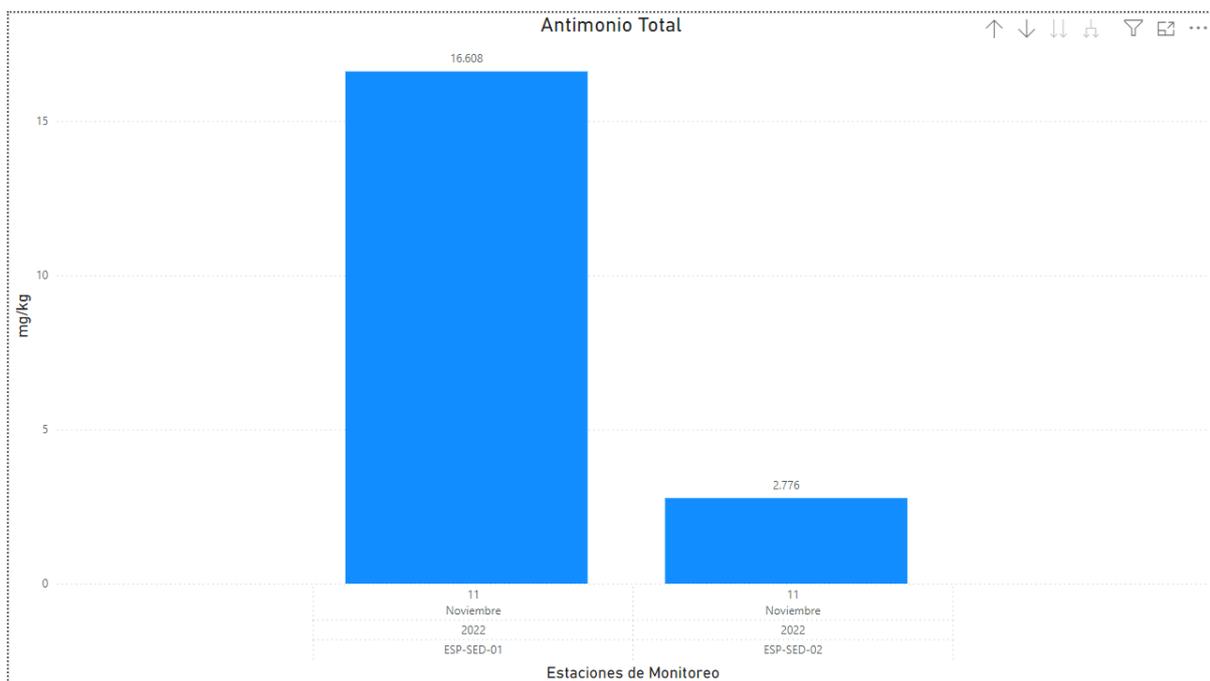


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.2. Antimonio Total.** En la Figura 3, se puede observar en cuanto al parámetro de Antimonio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 16.608 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 2.776 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor superior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 3

*Concentración de Antimonio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

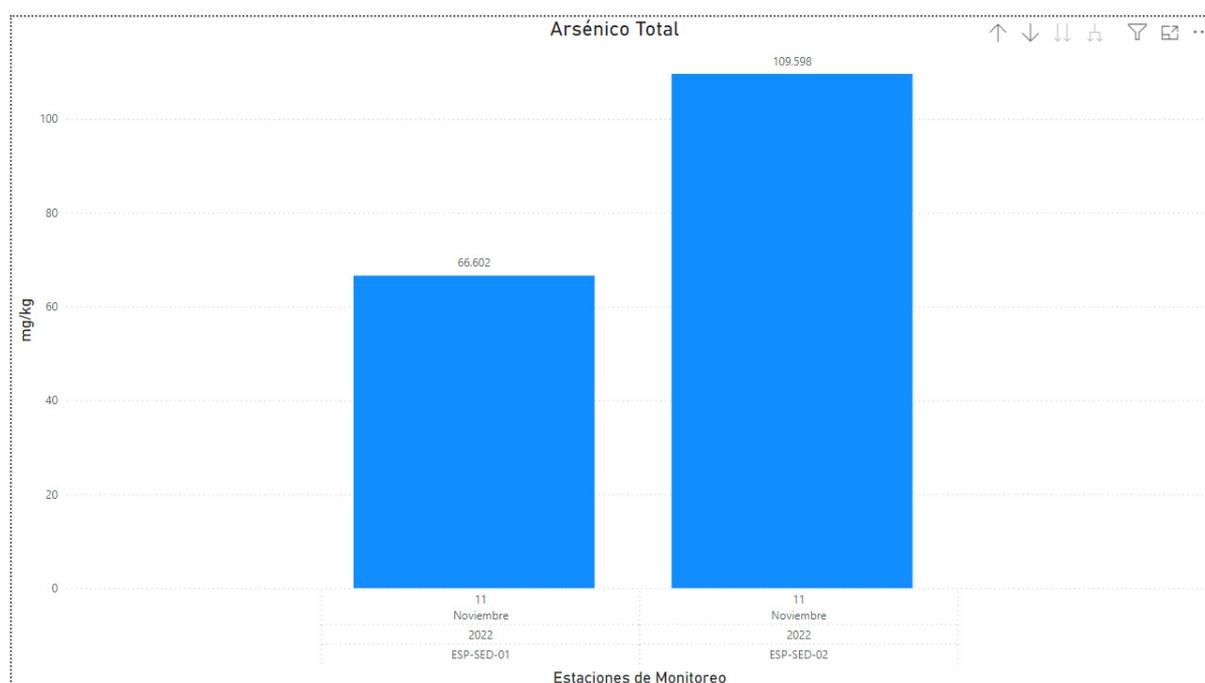


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.3. Arsénico Total.** En la Figura 4, se puede observar en cuanto al parámetro de Arsénico Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 66.602 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 109.598 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

#### Figura 4

*Concentración de Arsénico Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

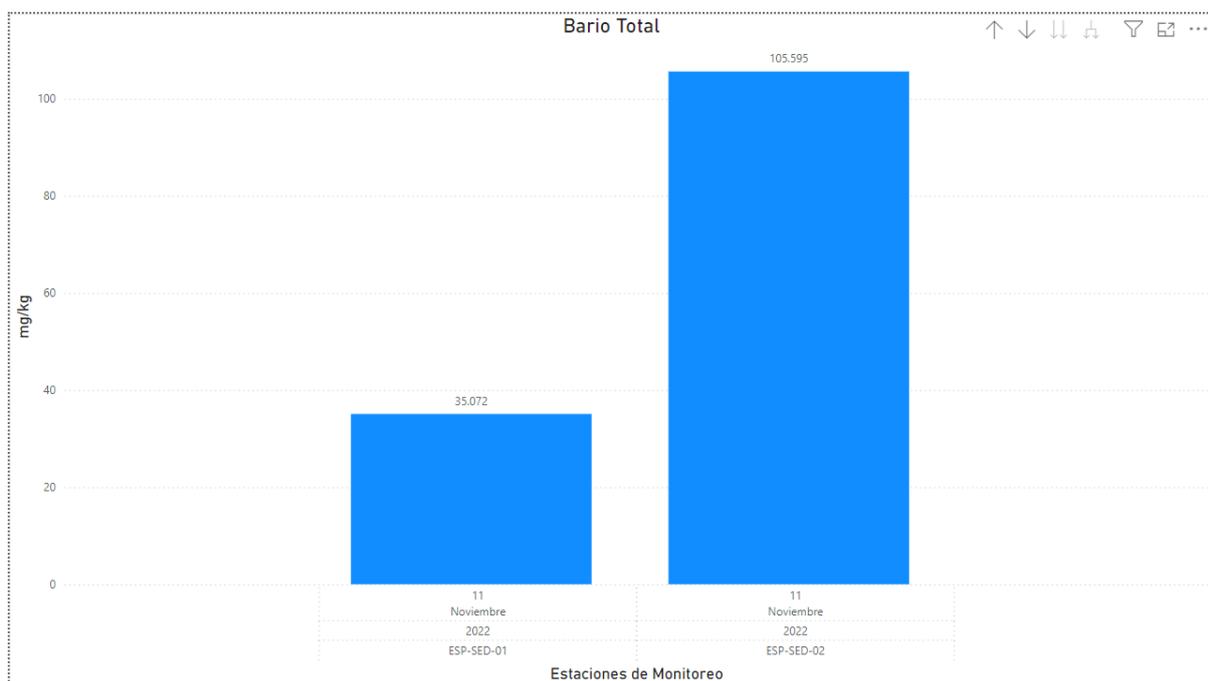


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.4. Bario Total.** En la Figura 5, se puede observar en cuanto al parámetro de Bario Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 35.072 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 105.595 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 5

*Concentración de Bario Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

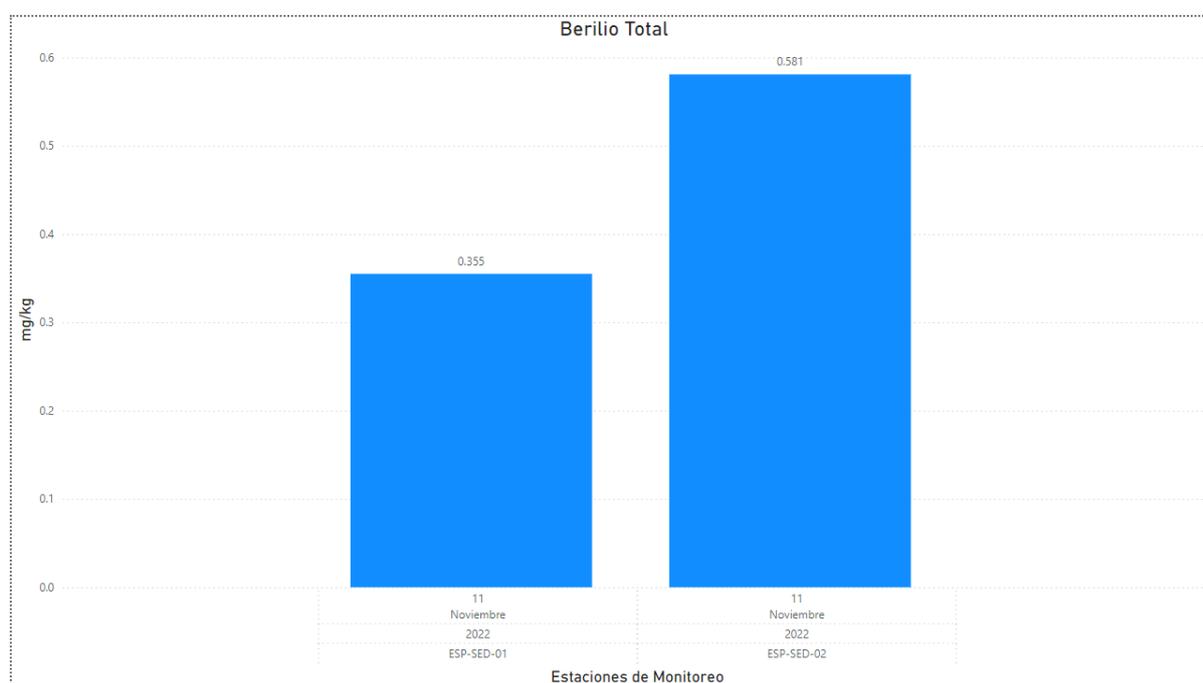


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.5. Berilio Total.** En la Figura 6, se puede observar en cuanto al parámetro de Berilio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 0.355 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 0.581 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 6

*Concentración de Berilio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

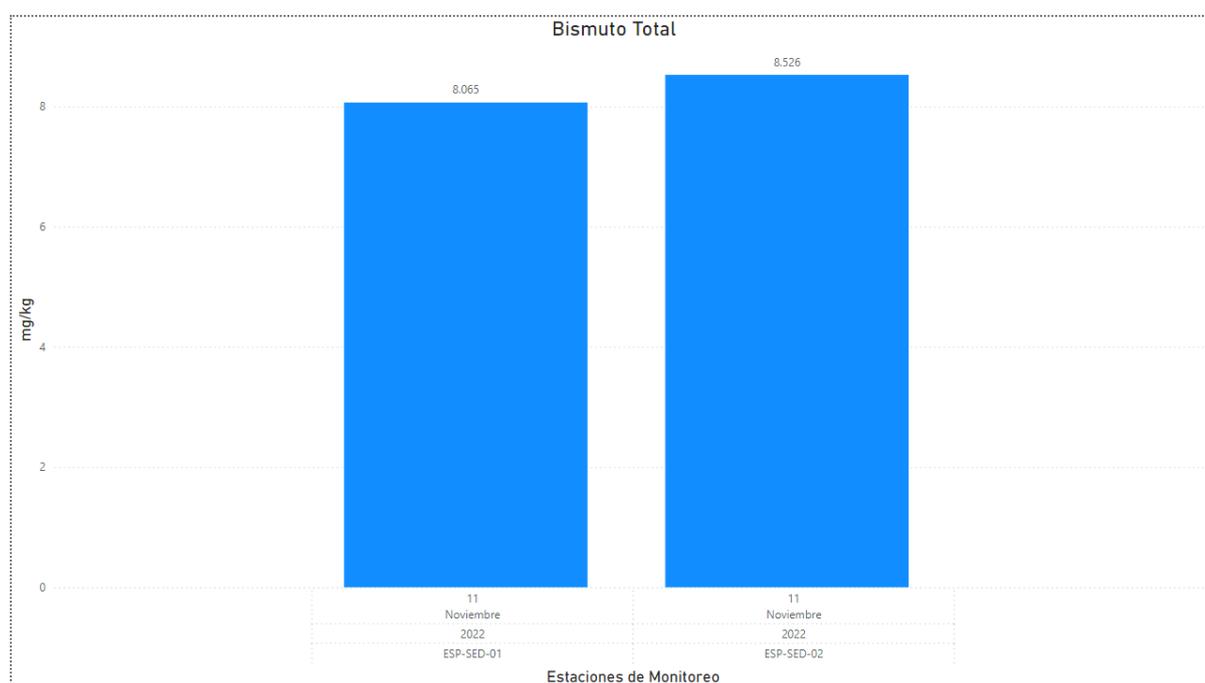


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.6. Bismuto Total.** En la Figura 7, se puede observar en cuanto al parámetro de Bismuto Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 8.065 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 8.526 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 7

*Concentración de Bismuto Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

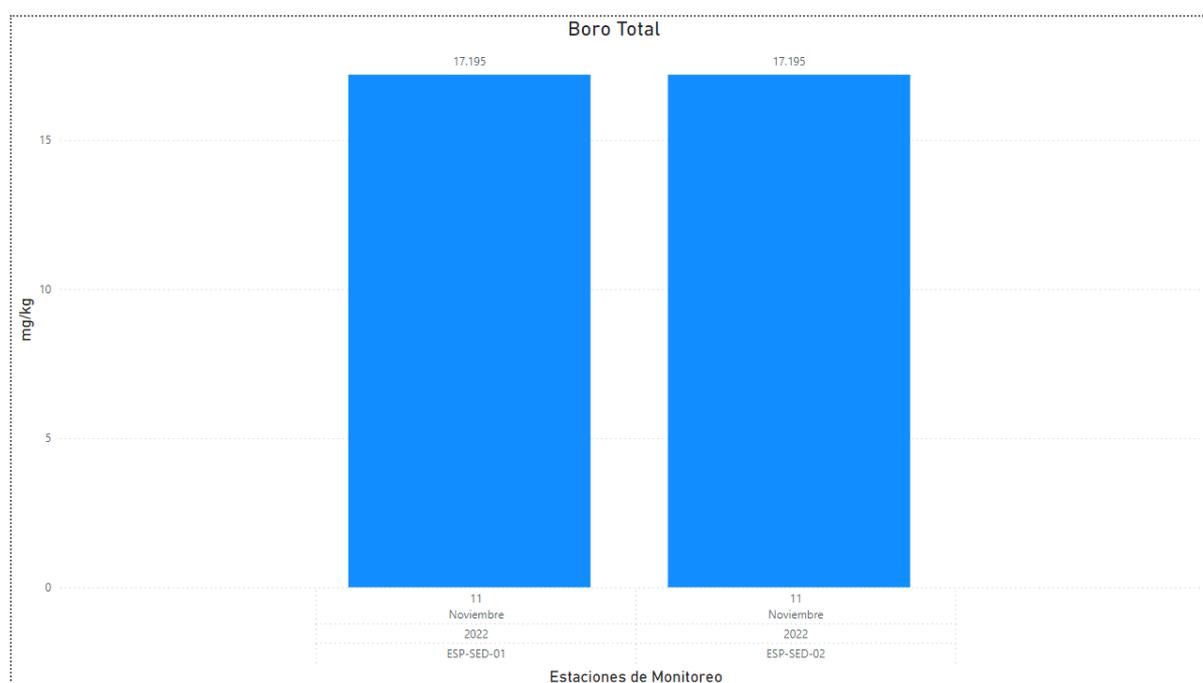


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.7. Boro Total.** En la Figura 8, se puede observar en cuanto al parámetro de Boro Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 17.195 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 17.195 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor igual respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 8

*Concentración de Boro Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

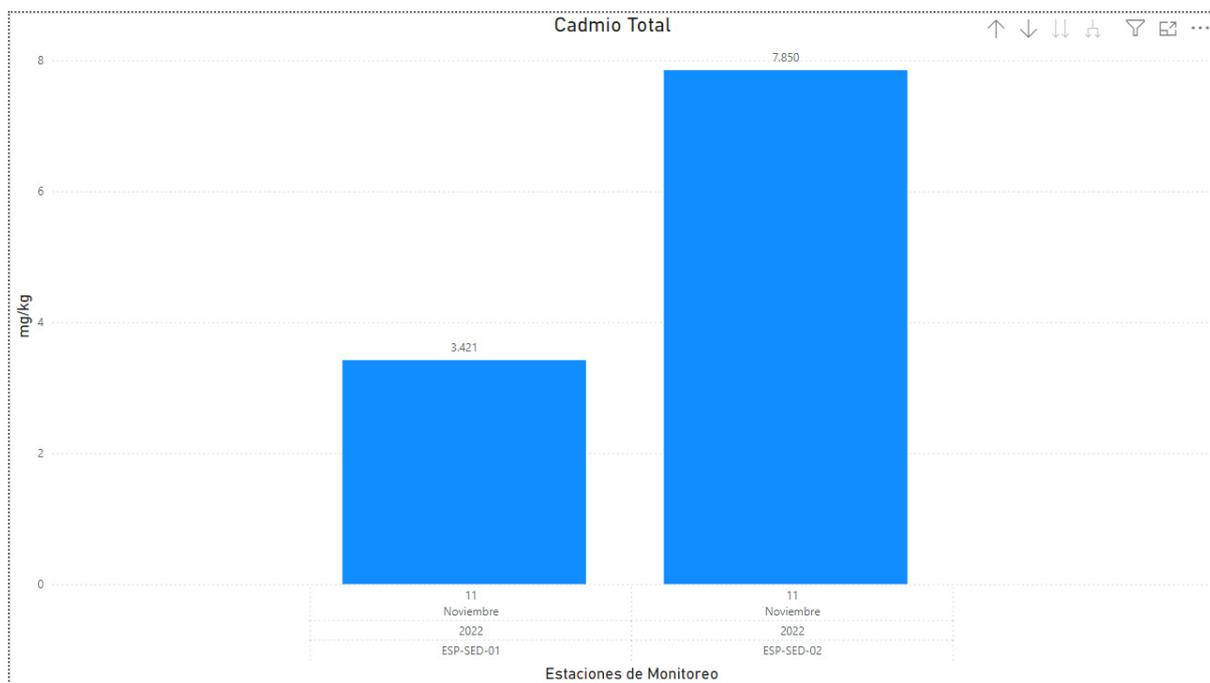


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.8. Cadmio Total.** En la Figura 9, se puede observar en cuanto al parámetro de Cadmio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 3.421 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 7.850 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 9

*Concentración de Cadmio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

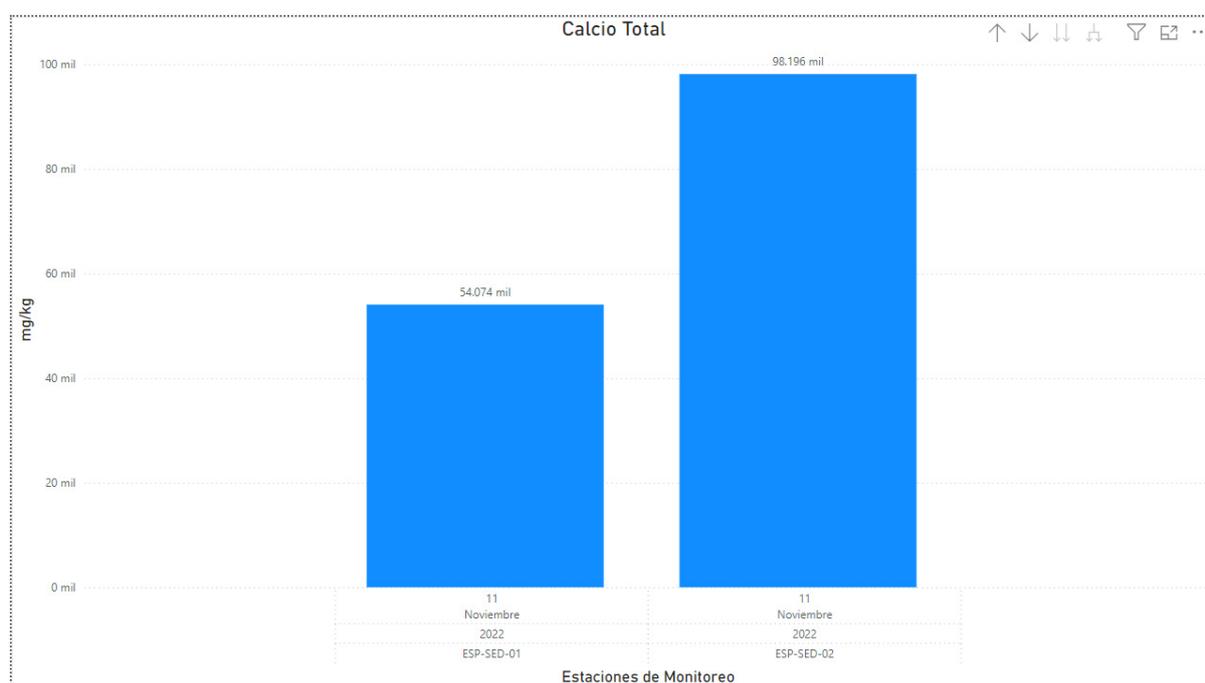


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.9. Calcio Total.** En la Figura 10, se puede observar en cuanto al parámetro de Calcio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 54,073.991 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 98,195.872 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 10**

*Concentración de Calcio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

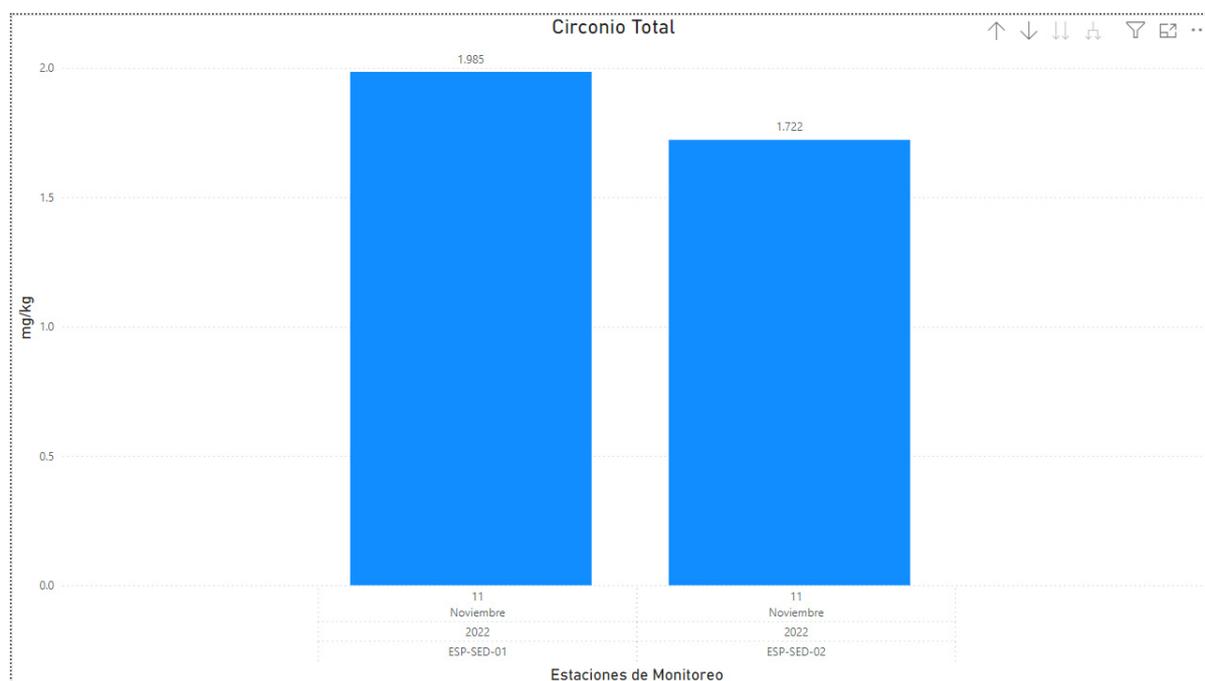


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.10. Circonio Total.** En la Figura 11, se puede observar en cuanto al parámetro de Circonio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 1.985 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 1.722 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor mayor respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 11

*Concentración de Circonio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

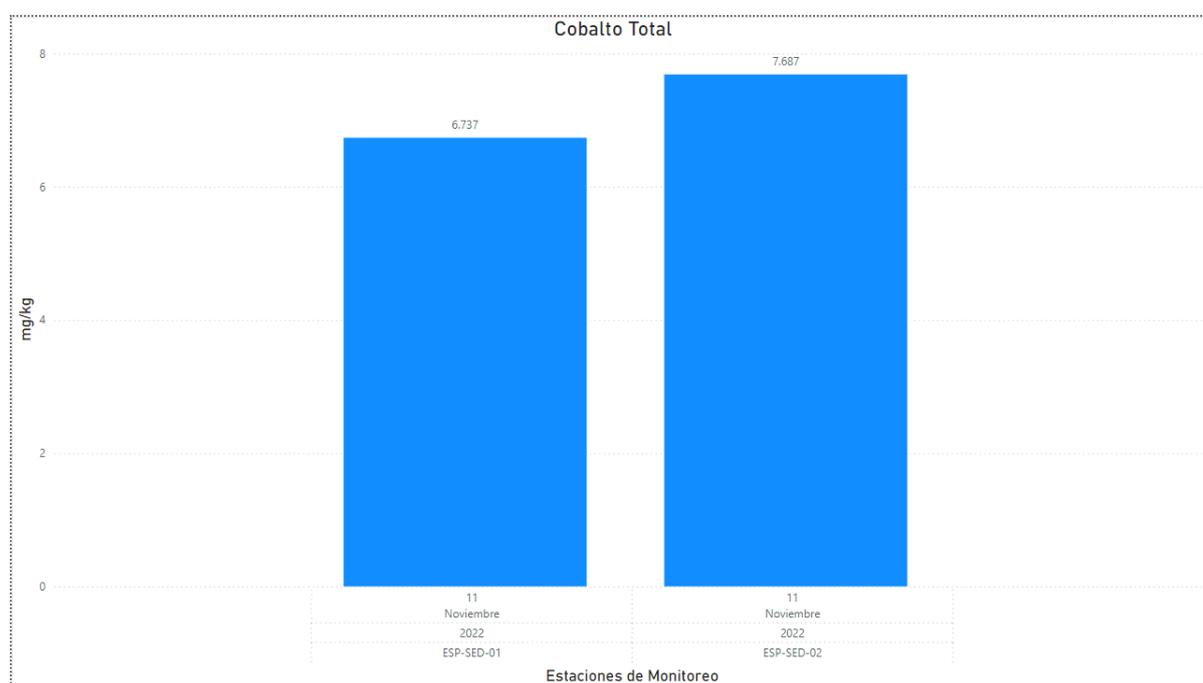


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.11. Cobalto Total.** En la Figura 12, se puede observar en cuanto al parámetro de Cobalto Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 6.737 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 7.687 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 12**

*Concentración de Cobalto Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

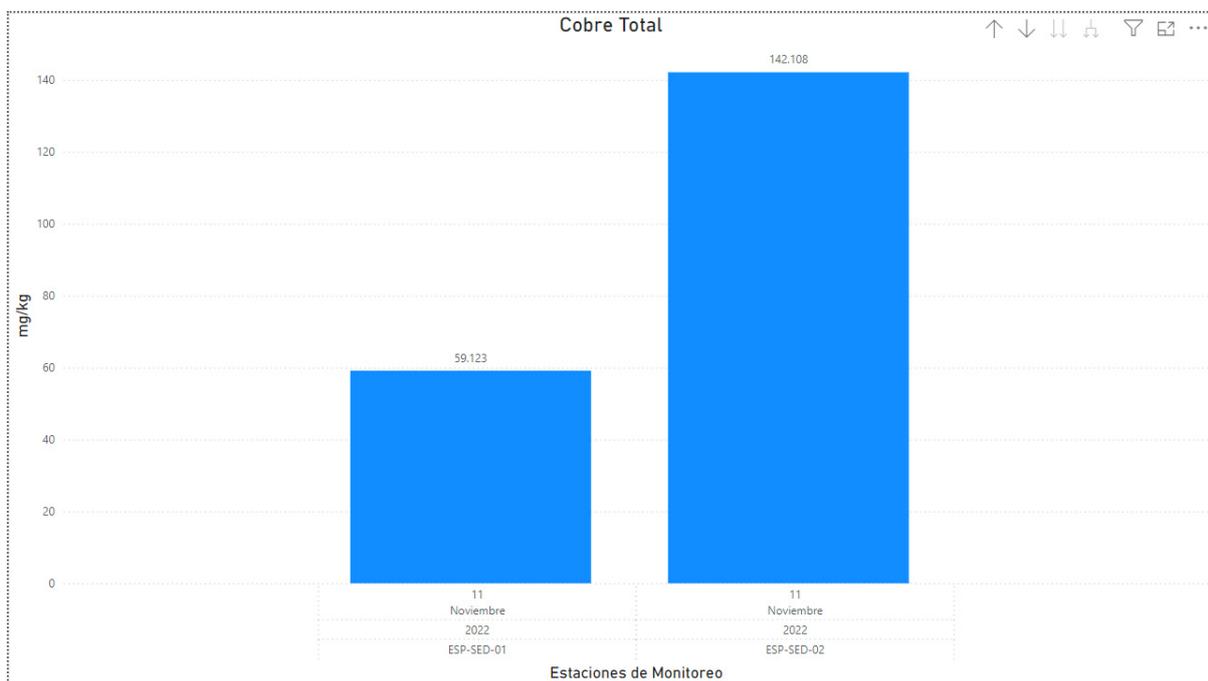


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.12. Cobre Total.** En la Figura 13, se puede observar en cuanto al parámetro de Cobre Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 59.123 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 142.108 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 13**

*Concentración de Cobre Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

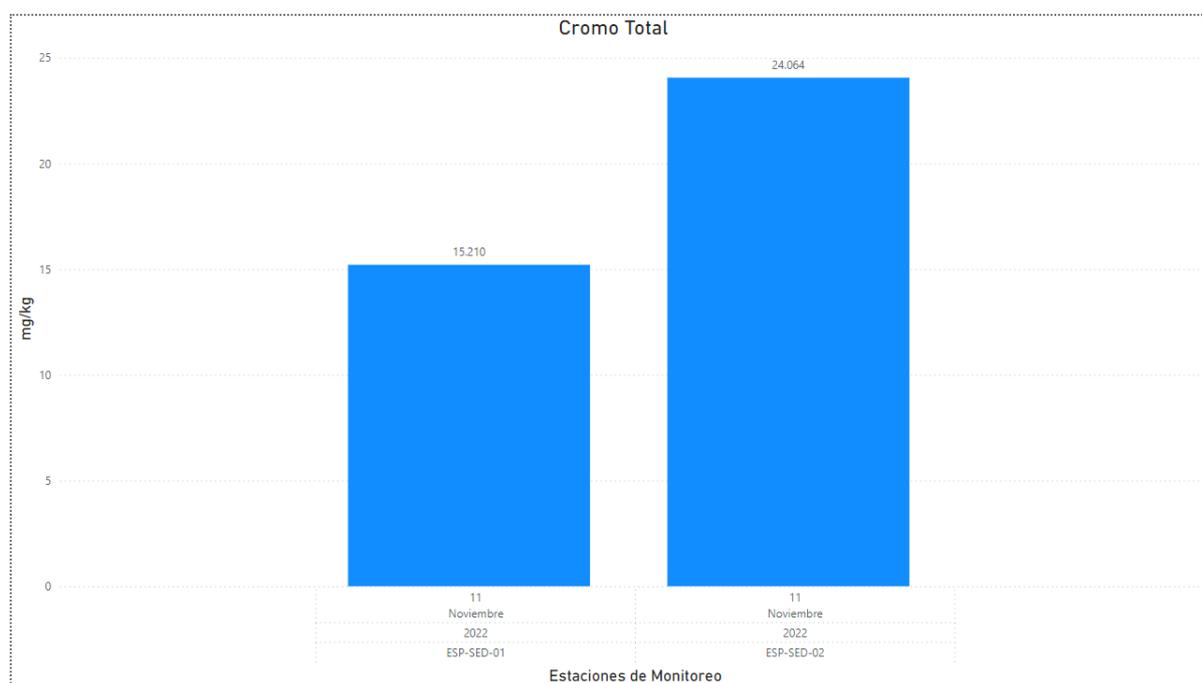


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.13. Cromo Total.** En la Figura 14, se puede observar en cuanto al parámetro de Cromo Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 15.210 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 24.064 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 14**

*Concentración de Cromo Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

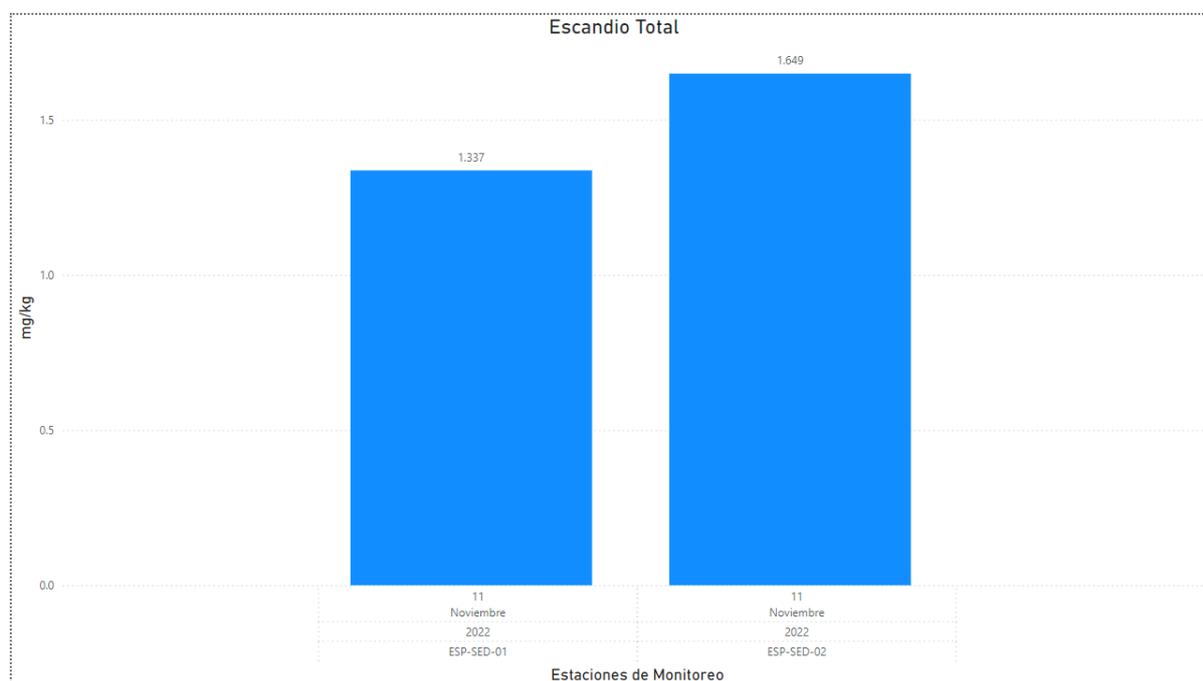


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.14. Escandio Total.** En la Figura 15, se puede observar en cuanto al parámetro de Escandio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 1.337 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 1.649 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 15

*Concentración de Escandio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

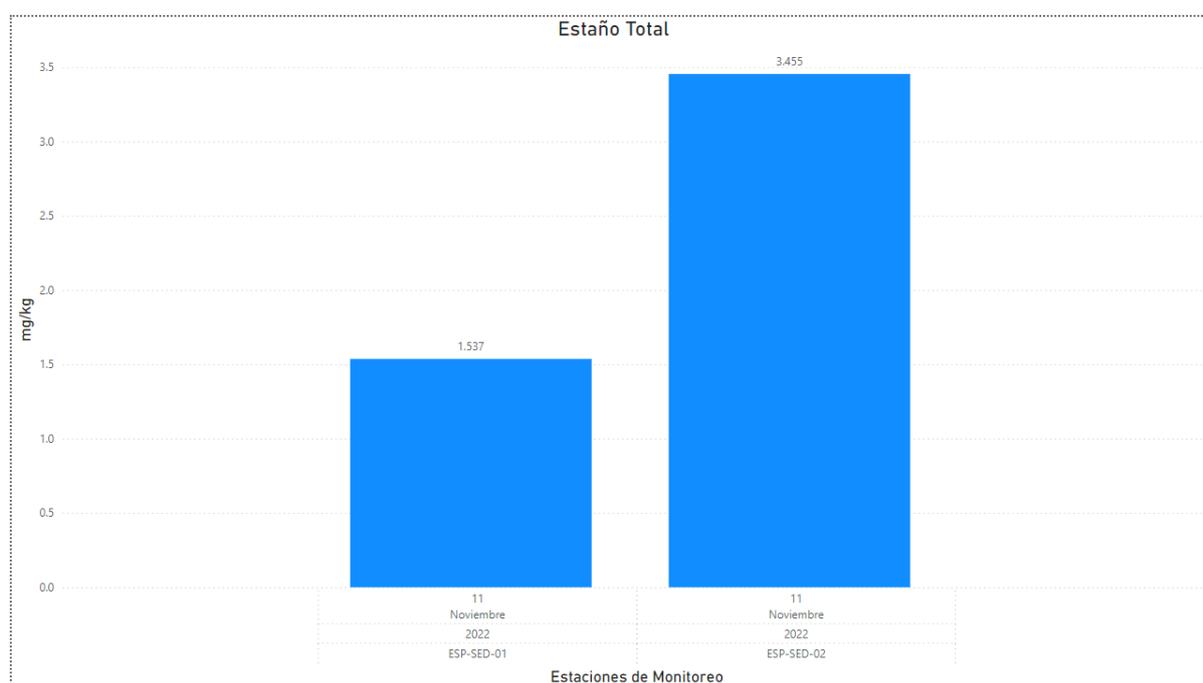


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.15. Estaño Total.** En la Figura 16, se puede observar en cuanto al parámetro de Estaño Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 1.537 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 3.455 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 16**

*Concentración de Estaño Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

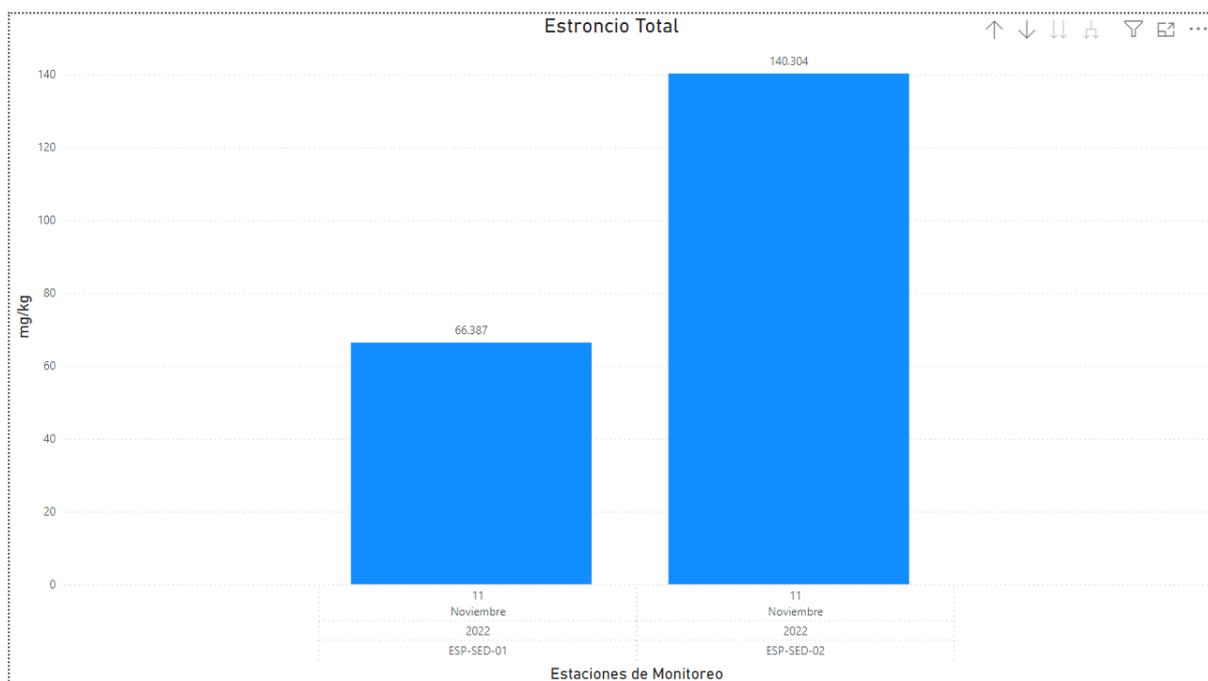


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.16. Estroncio Total.** En la Figura 17, se puede observar en cuanto al parámetro de Estroncio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 66.387 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 140.304 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 17**

*Concentración de Estroncio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

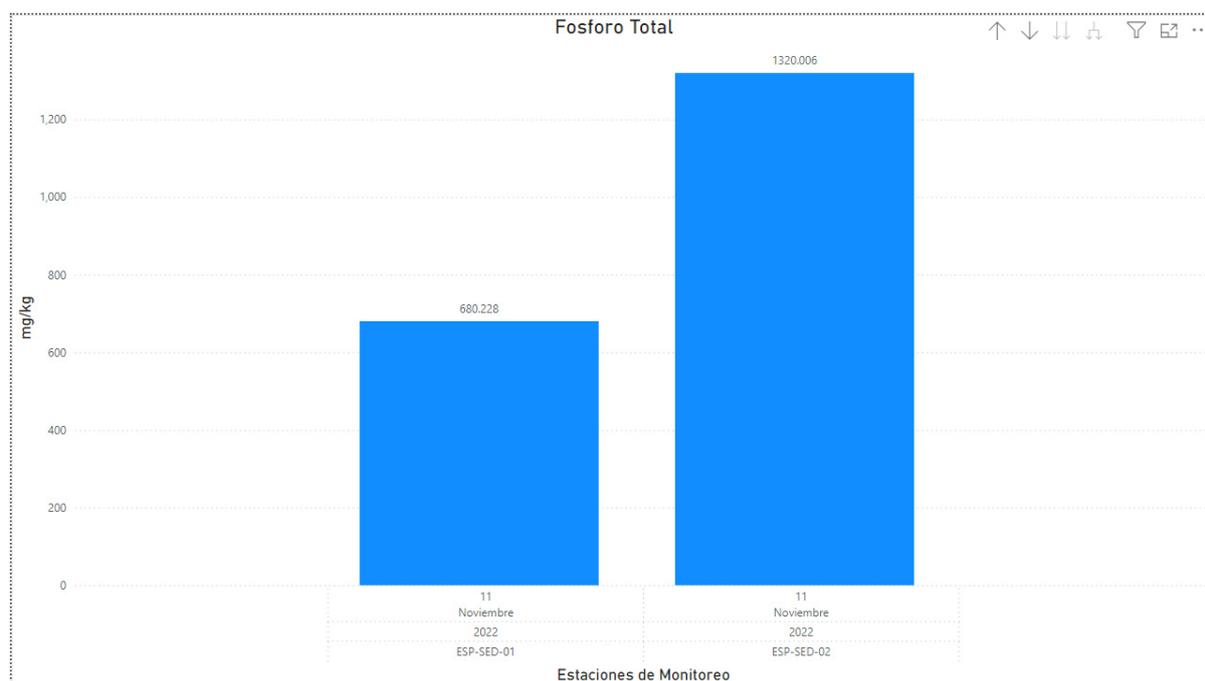


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.17. Fosforo Total.** En la Figura 18, se puede observar en cuanto al parámetro de Fosforo Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 680.228 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 1,320.006 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 18

*Concentración de Fosforo Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

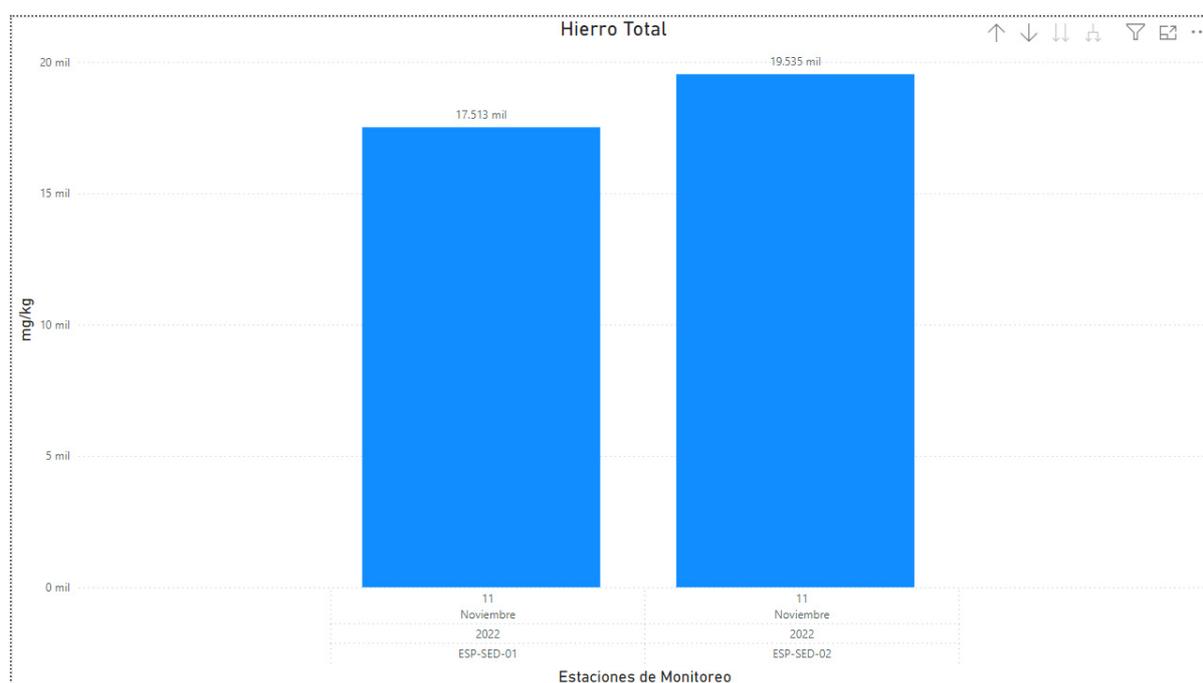


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.18. Hierro Total.** En la Figura 19, se puede observar en cuanto al parámetro de Hierro Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 17,512.924 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 19,535.015 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 19**

*Concentración de Hierro Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

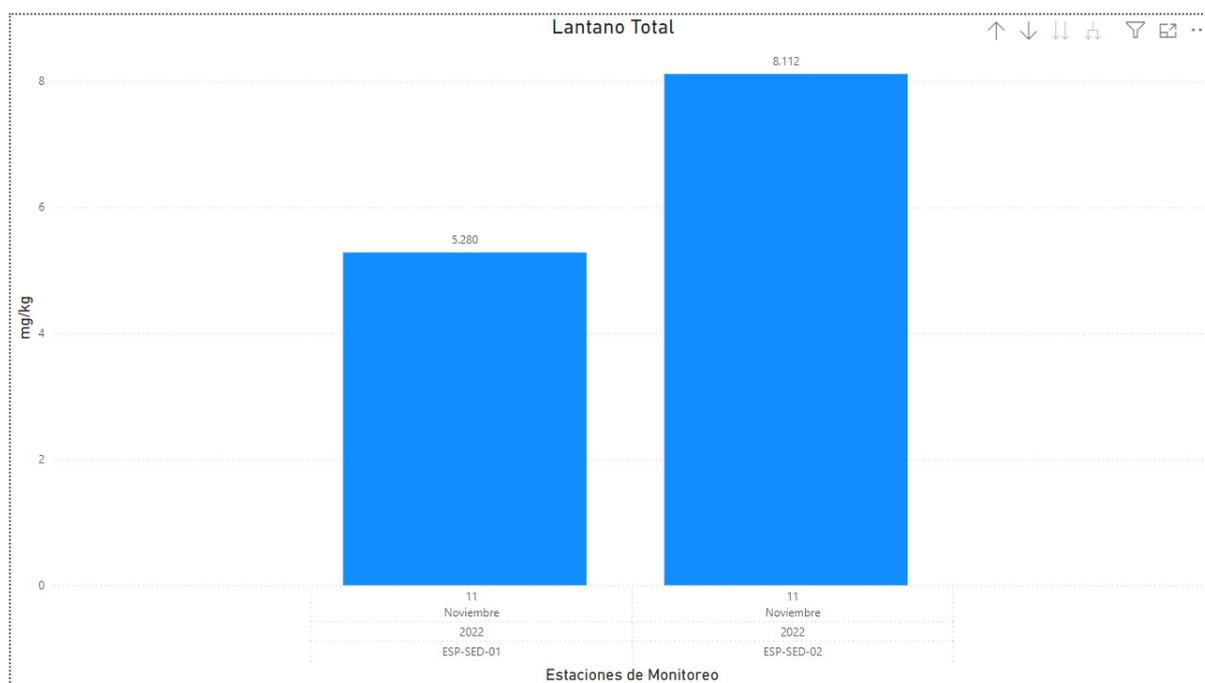


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.19. Lantano Total.** En la Figura 20, se puede observar en cuanto al parámetro de Lantano Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 5.280 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 8.112 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 20

*Concentración de Lantano Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

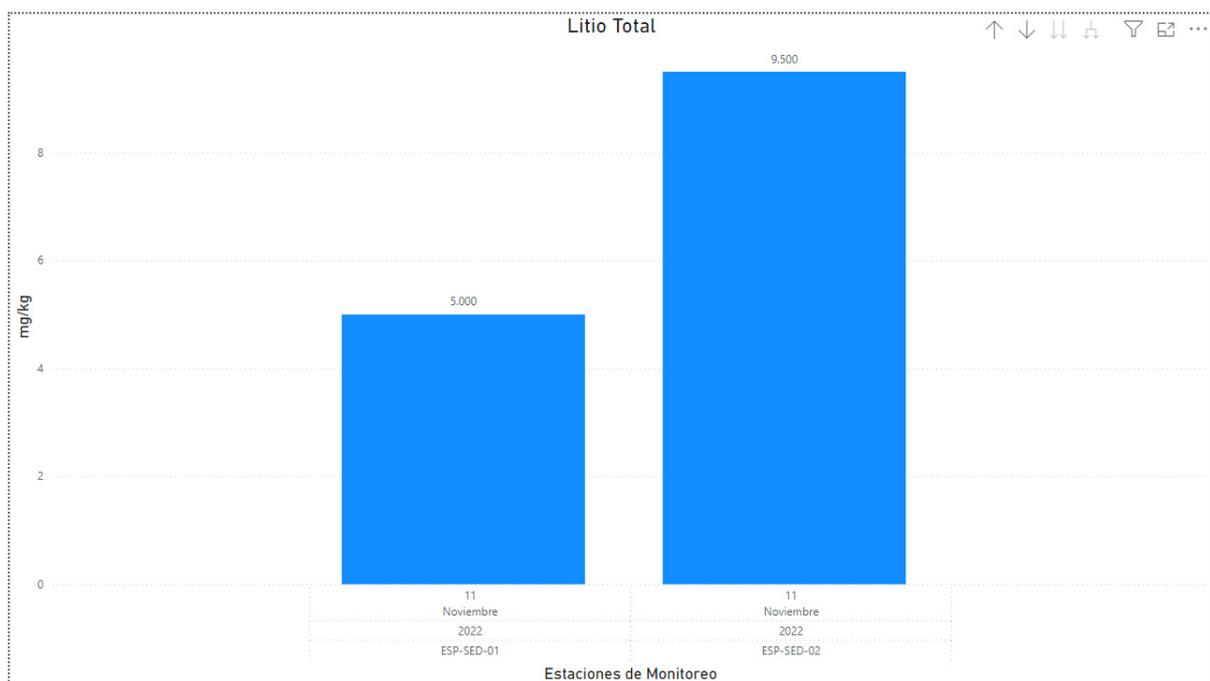


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.20. Litio Total.** En la Figura 21, se puede observar en cuanto al parámetro de Litio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 5.000 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 9.500 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 21**

*Concentración de Litio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

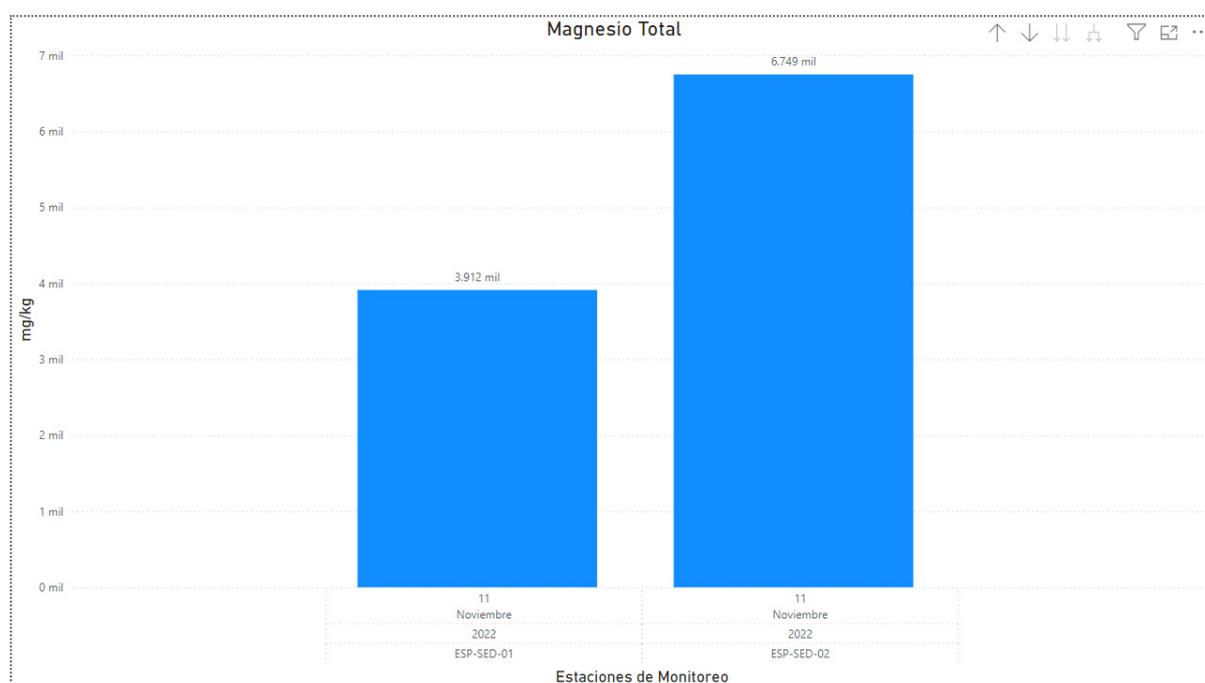


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.21. Magnesio Total.** En la Figura 22, se puede observar en cuanto al parámetro de Magnesio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 3,912.419 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 6,748.86 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 22

*Concentración de Magnesio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

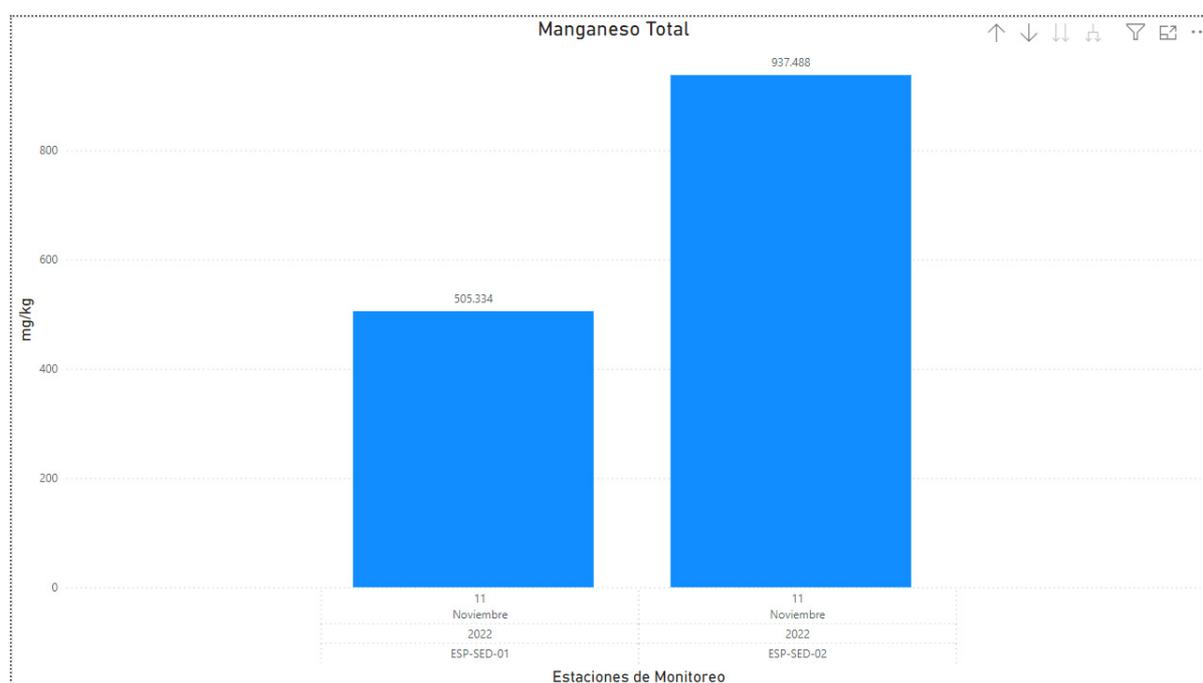


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.22. Manganeso Total.** En la Figura 23, se puede observar en cuanto al parámetro de Manganeso Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 505.334 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 937.488 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 23

*Concentración de Manganeso Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

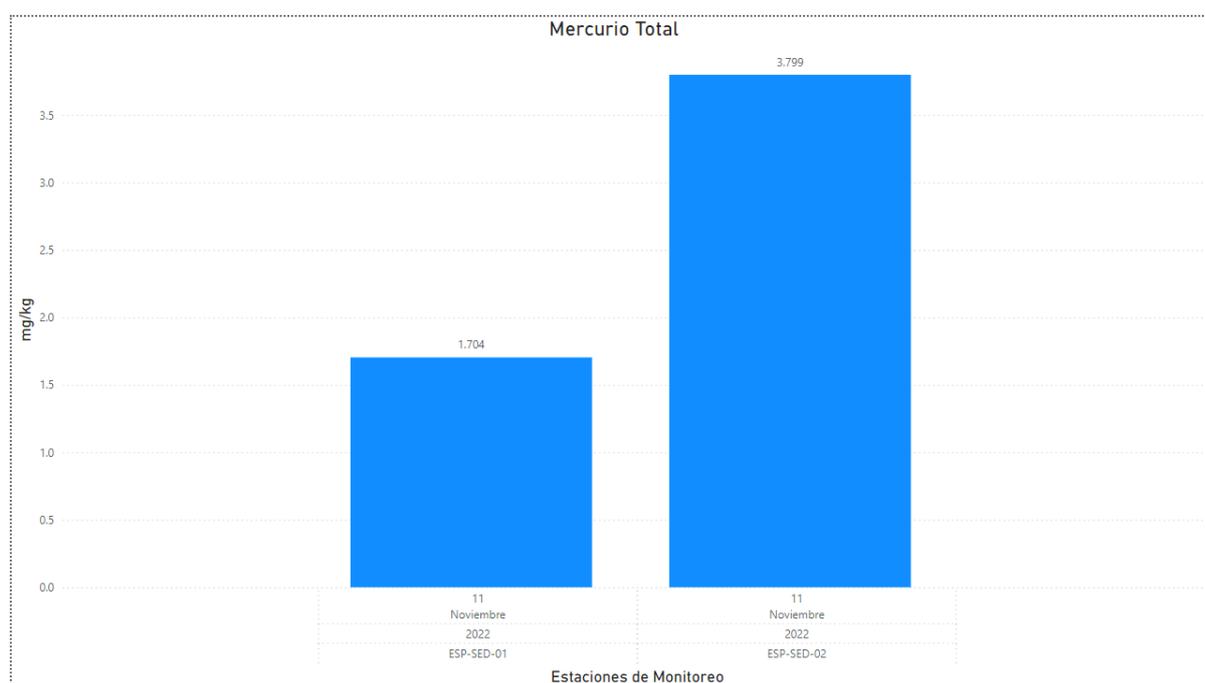


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.23. Mercurio Total.** En la Figura 24, se puede observar en cuanto al parámetro de Mercurio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 1.704 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 3.799 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

#### Figura 24

*Concentración de Mercurio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

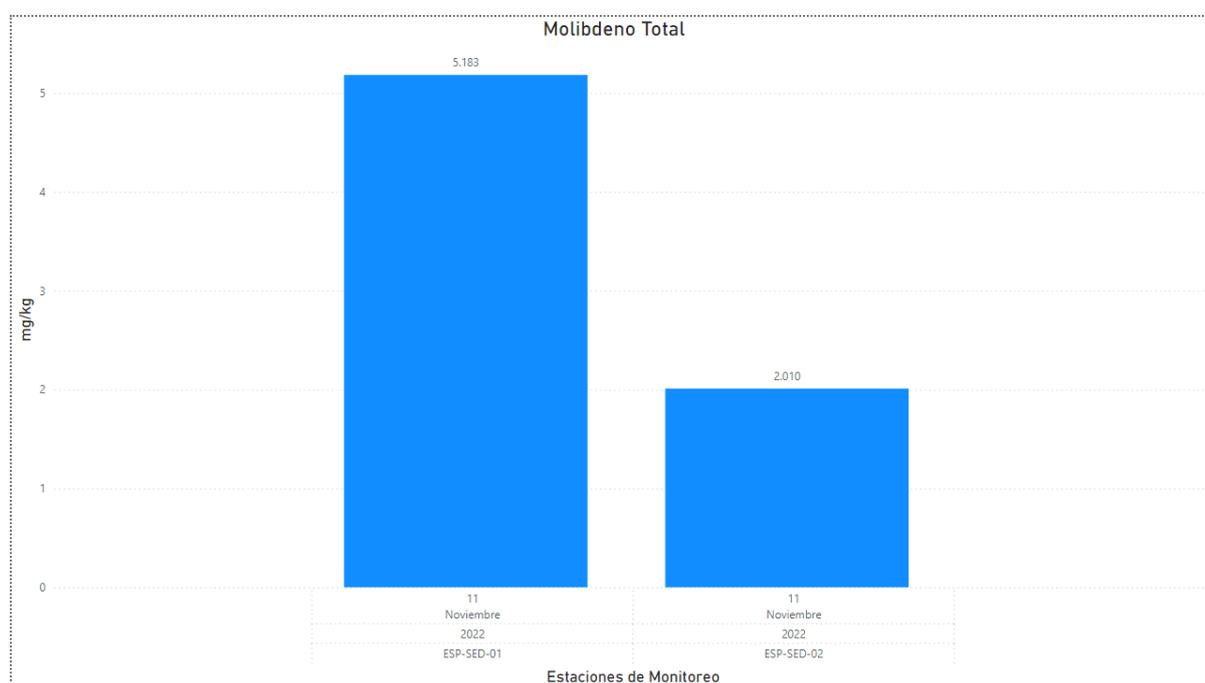


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.24. Molibdeno Total.** En la Figura 25, se puede observar en cuanto al parámetro de Molibdeno Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 5.183 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 2.010 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor superior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 25

*Concentración de Molibdeno Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

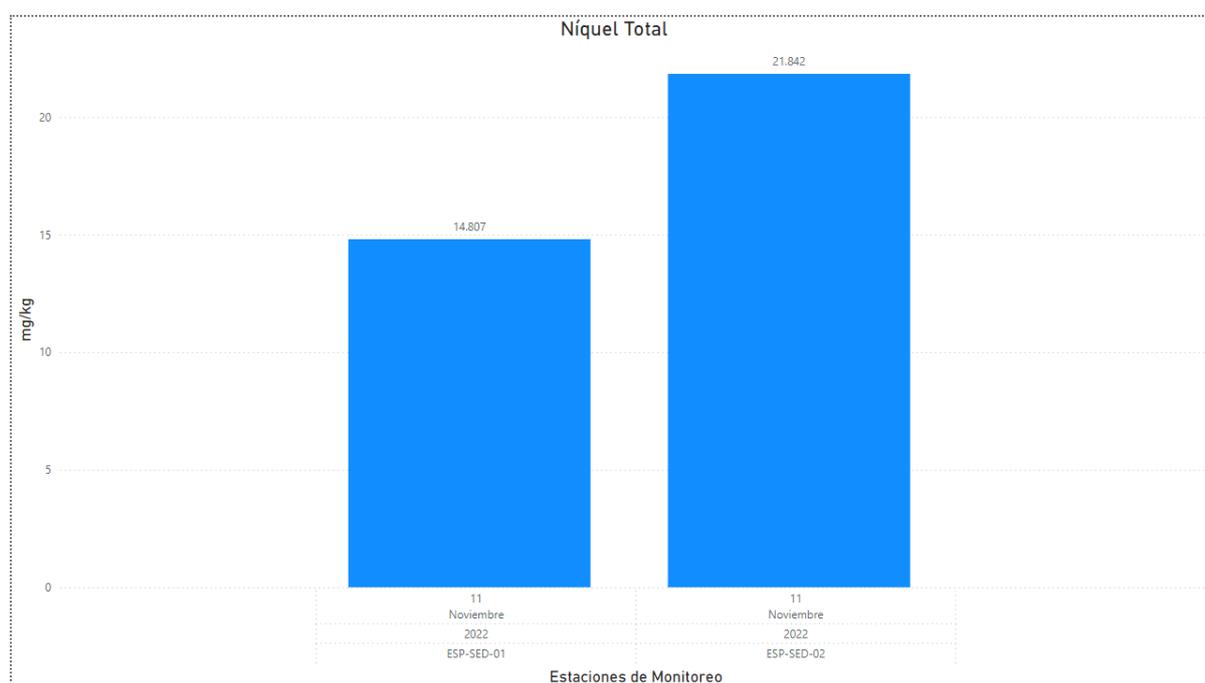


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.25. Níquel Total.** En la Figura 26, se puede observar en cuanto al parámetro de Níquel Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 14.807 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 21.842 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 26**

*Concentración de Níquel Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

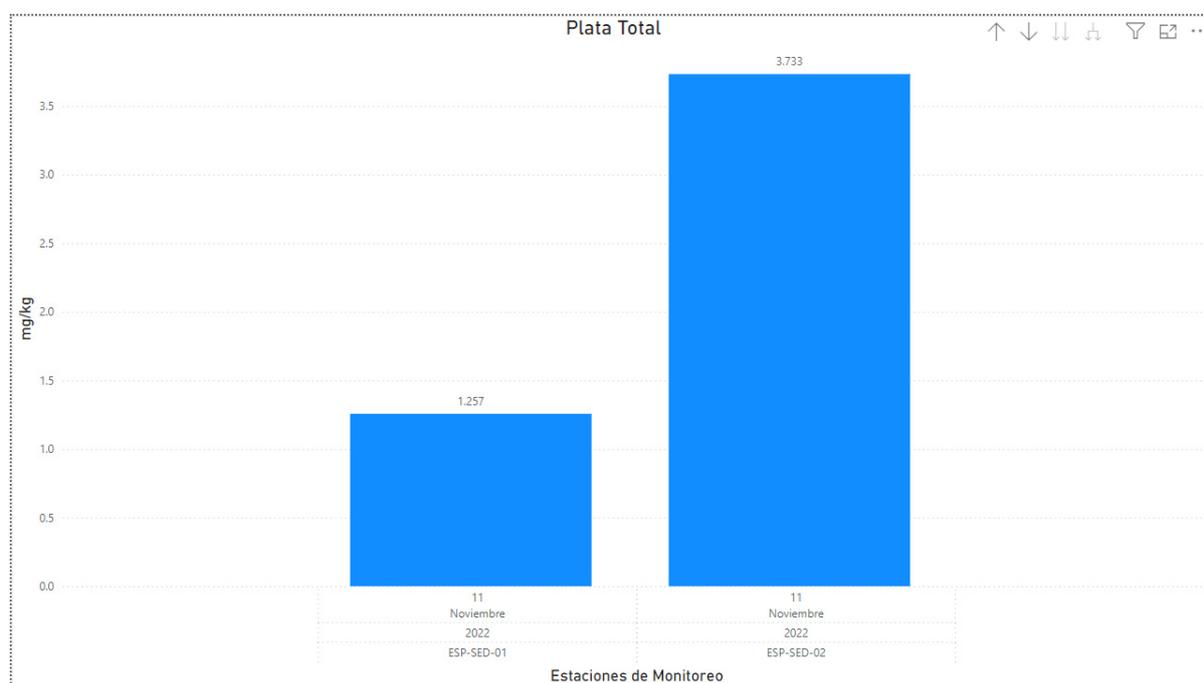


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.26. Plata Total.** En la Figura 27, se puede observar en cuanto al parámetro de Plata Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 1.257 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 3.733 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 27**

*Concentración de Plata Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

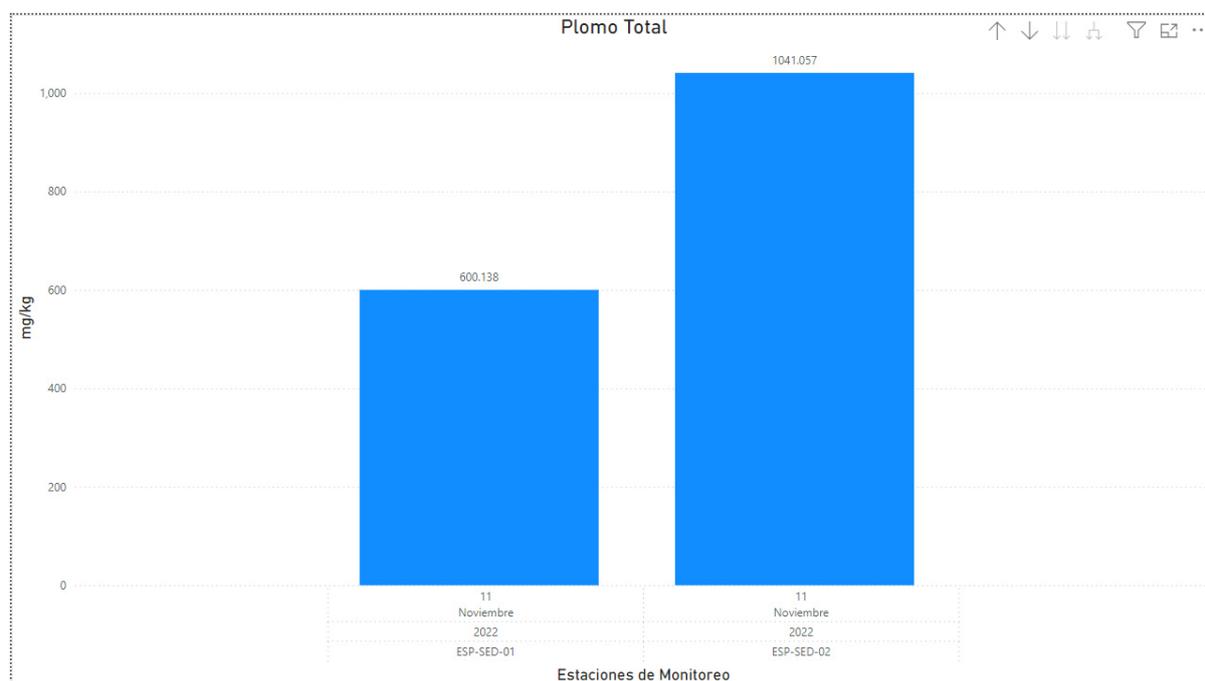


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.27. Plomo Total.** En la Figura 28, se puede observar en cuanto al parámetro de Plomo Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 600.138 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 1,041.057 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 28

*Concentración de Plomo Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

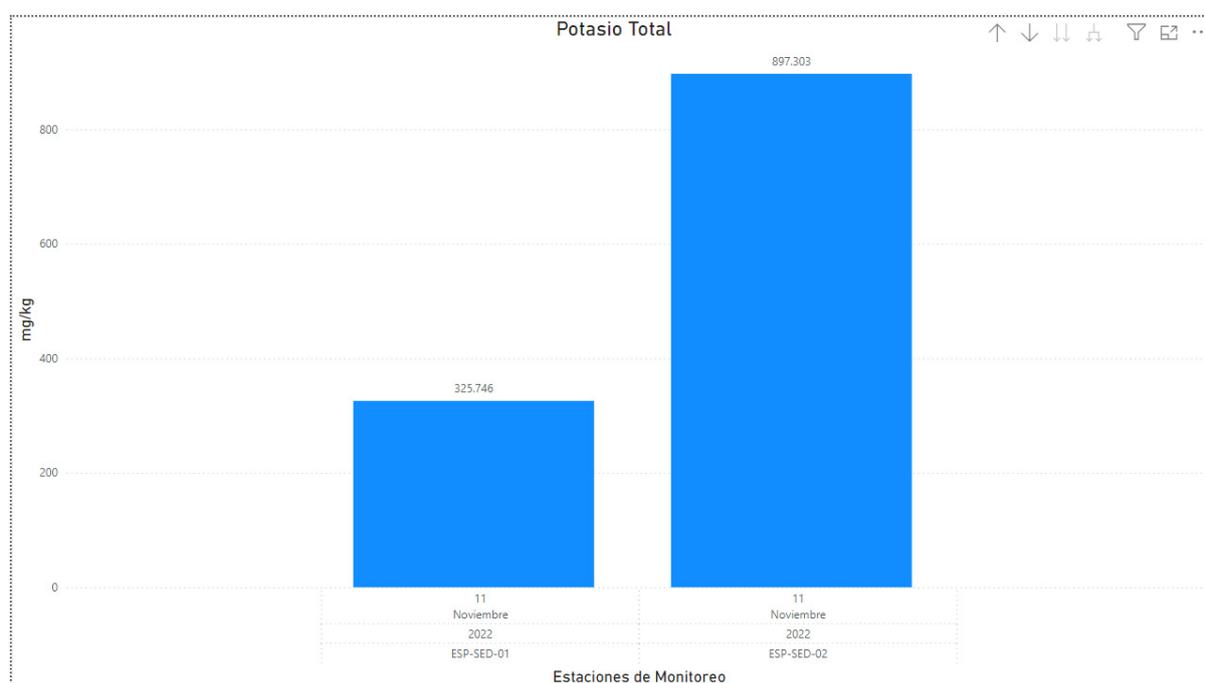


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.28. Potasio Total.** En la Figura 29, se puede observar en cuanto al parámetro de Potasio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 325.746 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 897.303 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 29**

*Concentración de Potasio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

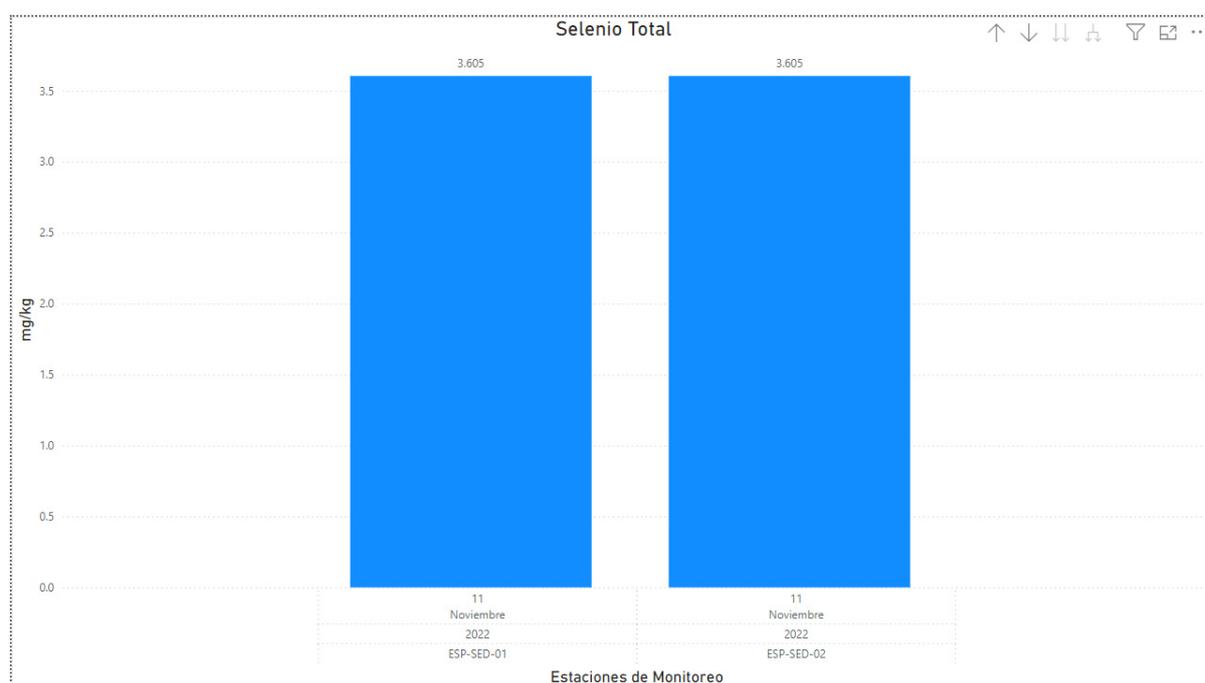


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.29. Selenio Total.** En la Figura 30, se puede observar en cuanto al parámetro de Selenio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 3.605 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 3.605 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor igual respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 30**

*Concentración de Selenio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

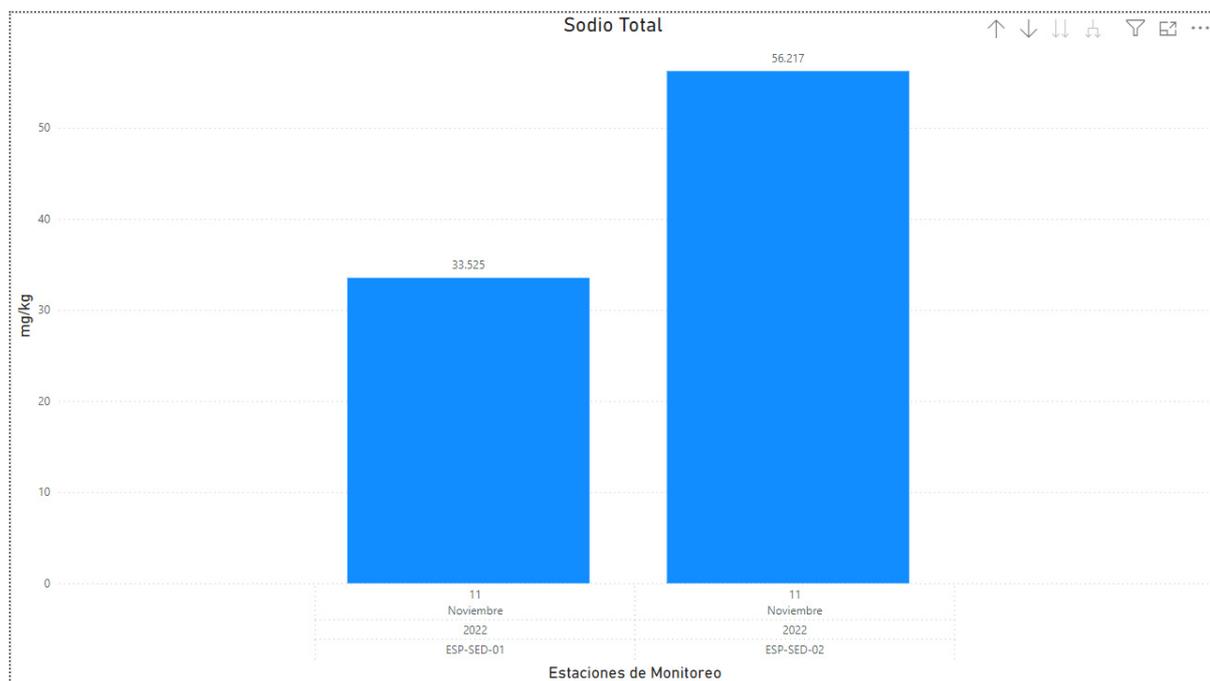


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.30. Sodio Total.** En la Figura 31, se puede observar en cuanto al parámetro de Sodio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 33.525 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 56.217 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia)

### Figura 31

*Concentración de Sodio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

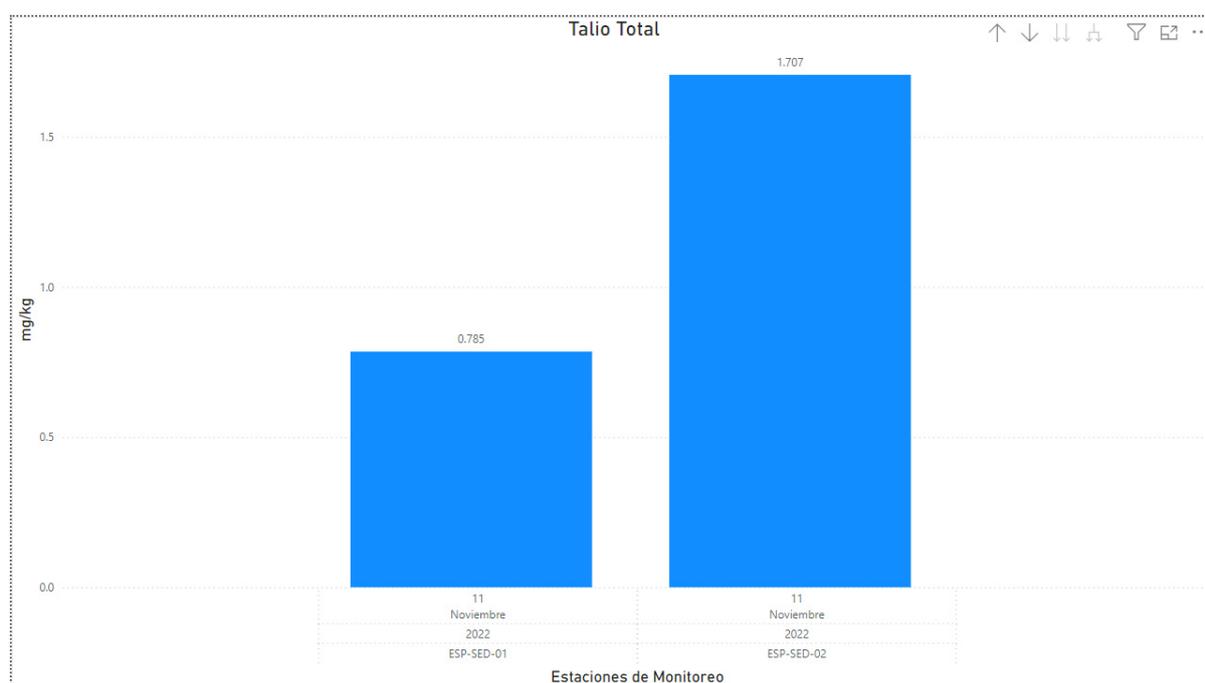


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.31. Talio Total.** En la Figura 32, se puede observar en cuanto al parámetro de Talio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 0.785 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 1.707 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 32**

*Concentración de Talio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

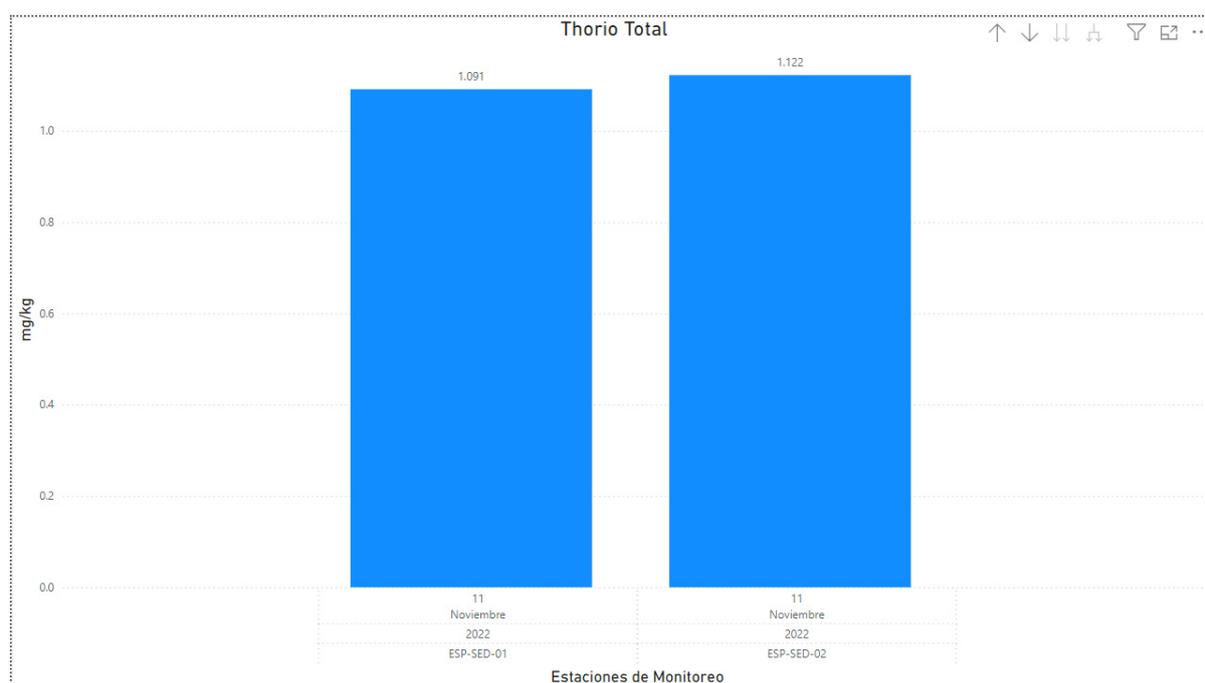


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.32. Thorio Total.** En la Figura 33, se puede observar en cuanto al parámetro de Thorio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 1.091 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 1.122 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 33

*Concentración de Thorio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

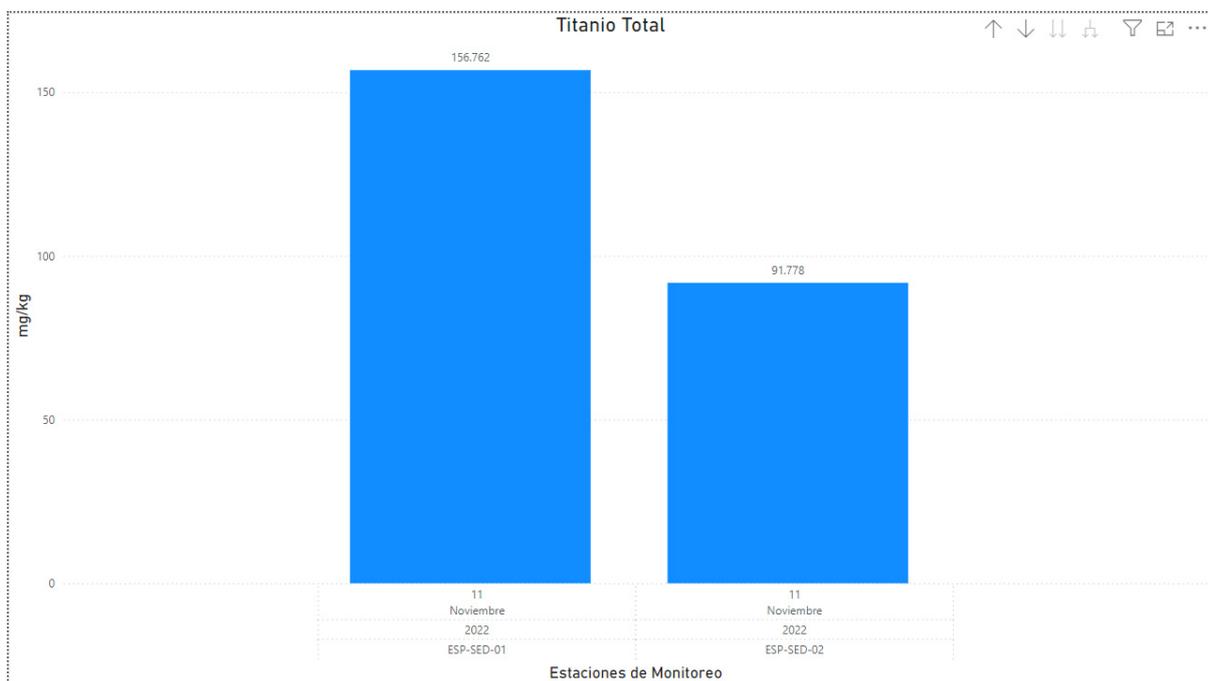


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.33. Titanio Total.** En la Figura 34, se puede observar en cuanto al parámetro de Titanio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 156.762 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 91.778 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor superior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 34**

*Concentración de Titanio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

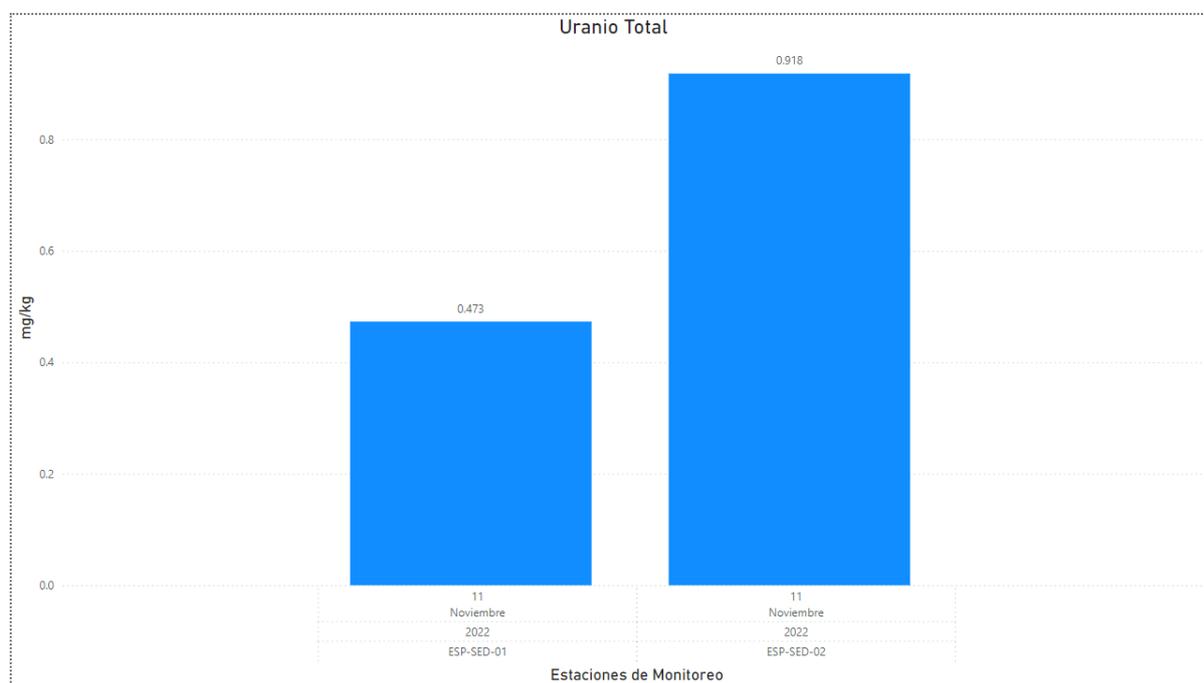


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.34. Uranio Total.** En la Figura 35, se puede observar en cuanto al parámetro de Uranio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 0.473 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 0.918 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 35

*Concentración de Uranio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

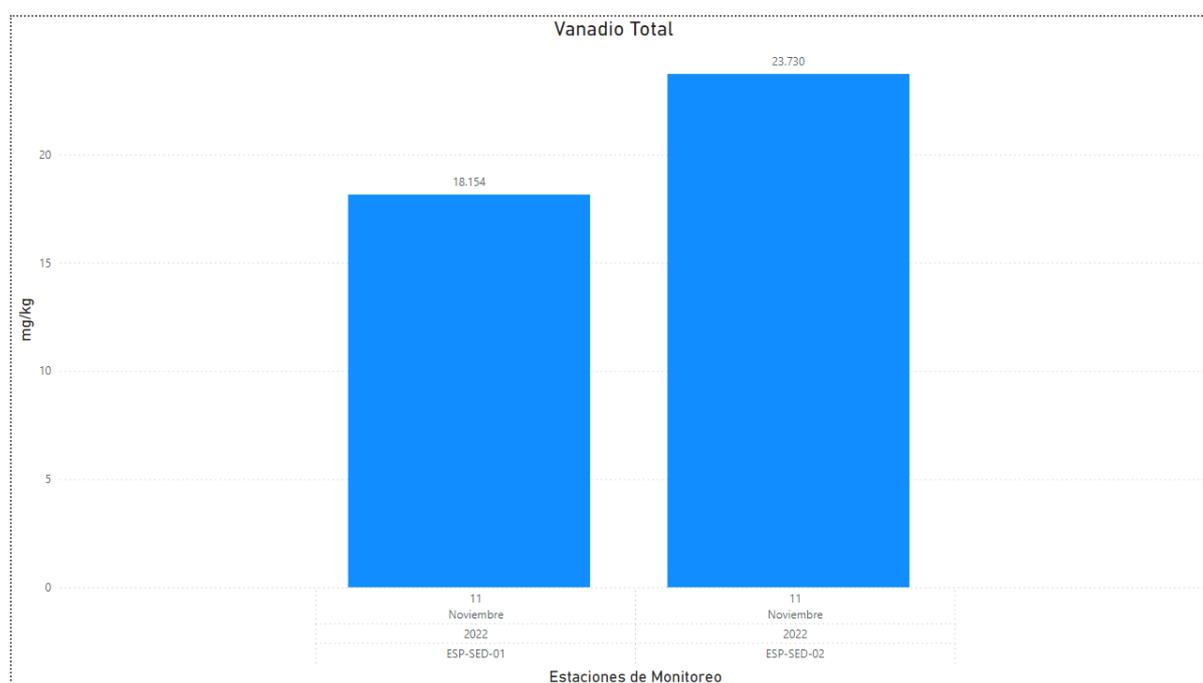


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.35. Vanadio Total.** En la Figura 36, se puede observar en cuanto al parámetro de Vanadio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 18.154 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 23.730 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 36

*Concentración de Vanadio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

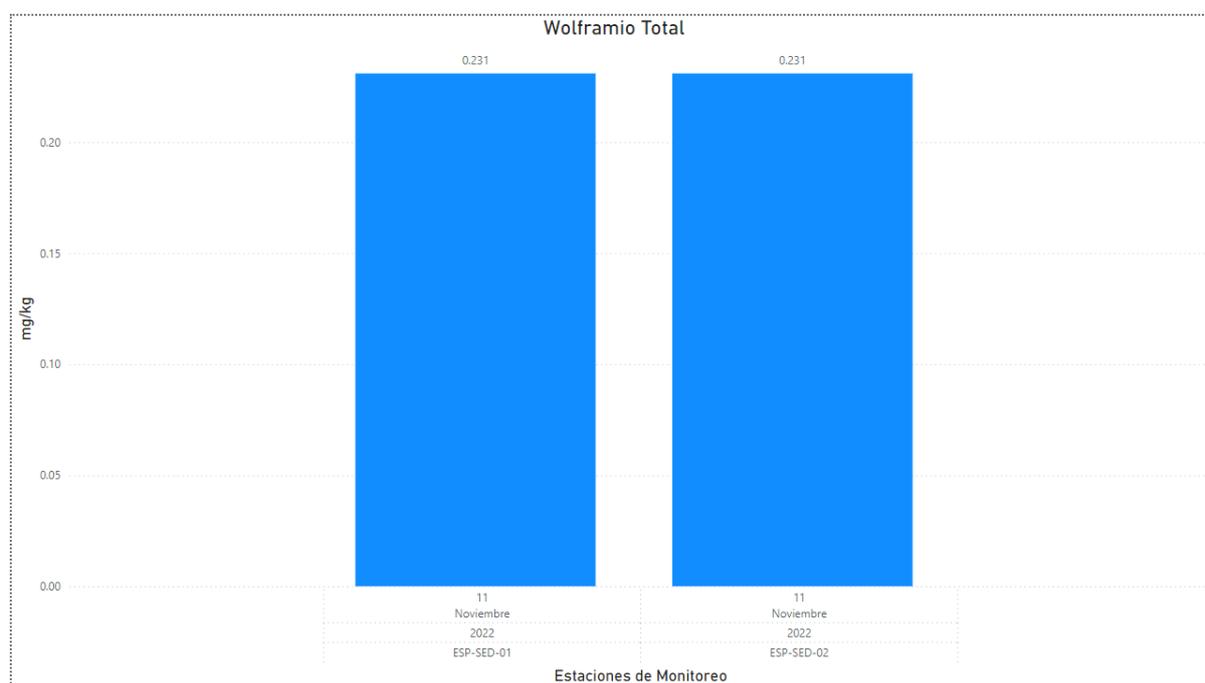


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.36. Wolframio Total.** En la Figura 37, se puede observar en cuanto al parámetro de Wolframio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 0.231 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 0.231 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor igual respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

### Figura 37

*Concentración de Wolframio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

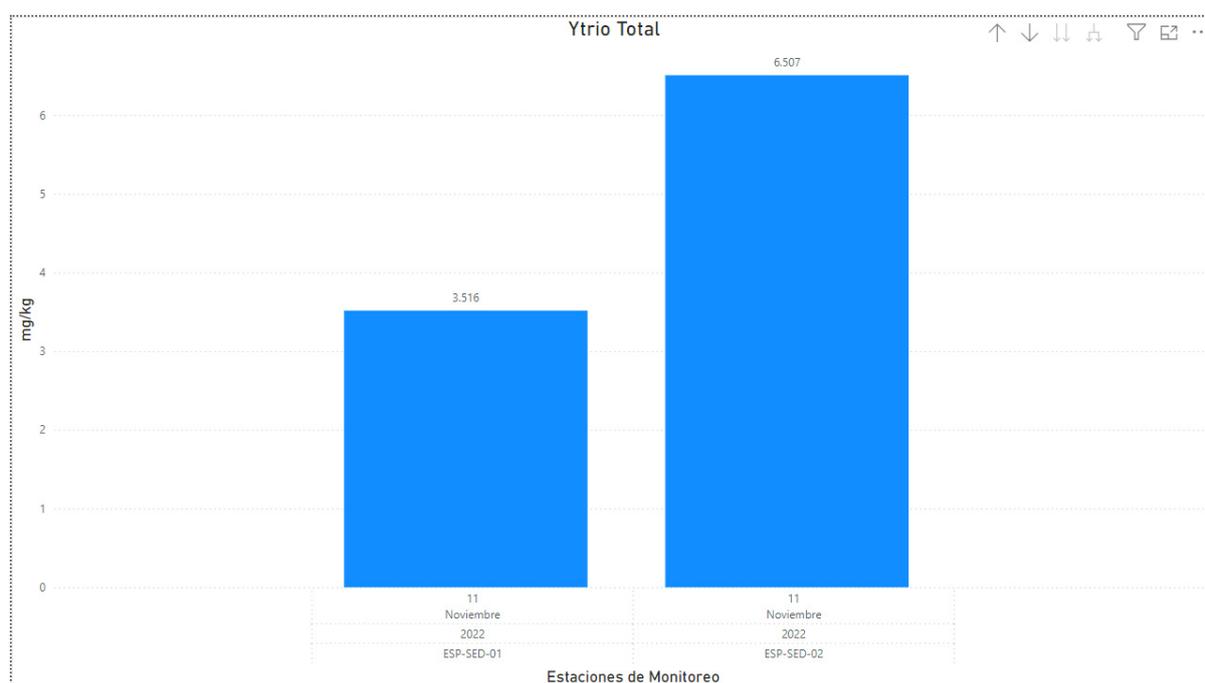


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.37. Ytrio Total.** En la Figura 38, se puede observar en cuanto al parámetro de Ytrio Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 3.516 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 6.507 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 38**

*Concentración de Ytrio Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

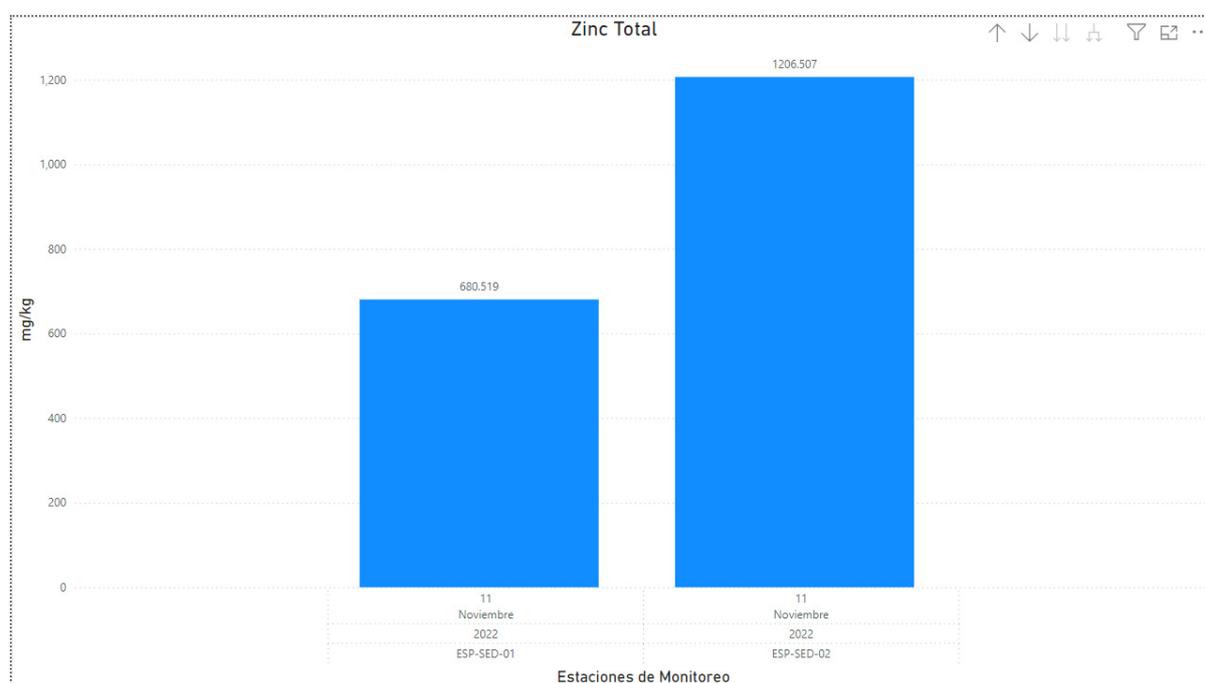


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.1.38. Zinc Total.** En la Figura 39, se puede observar en cuanto al parámetro de Zinc Total que, la concentración del punto ESP-SED-01 es 680.519 mg/kg y la concentración del punto ESP-SED-02 es 1,206.507 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia).

**Figura 39**

*Concentración de Zinc Total en el punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02*



*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

### ***2.5.2. Resultados del monitoreo de sedimentos en el punto AT-SED-UD1***

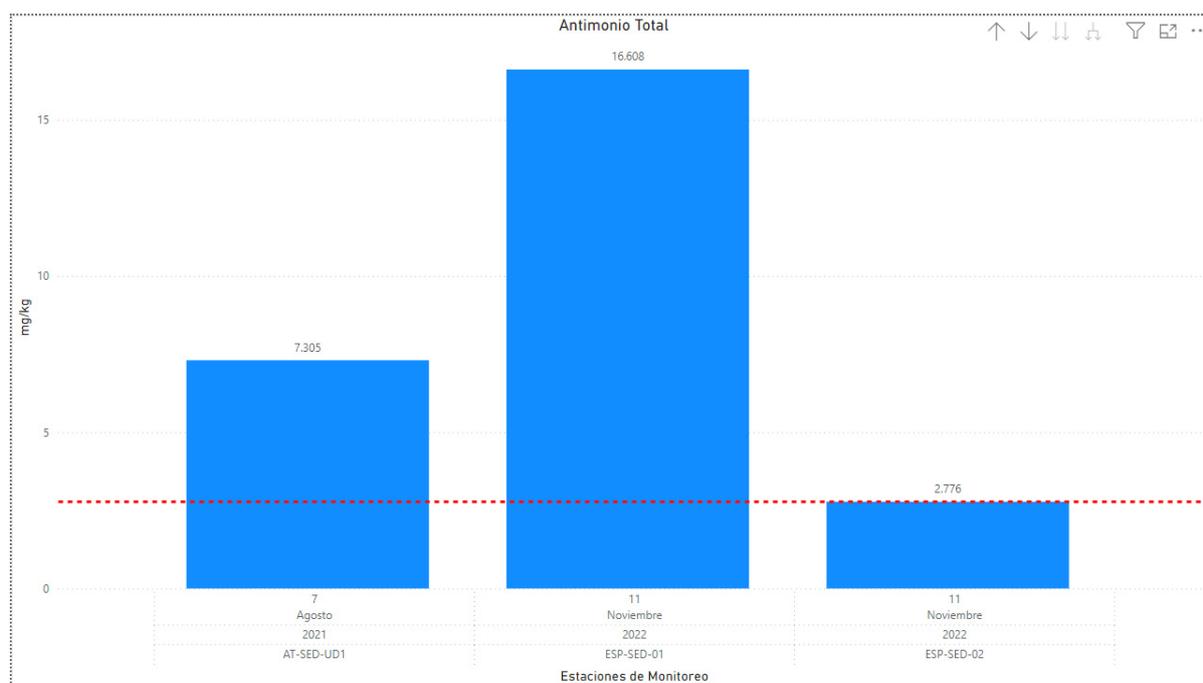
Los resultados del monitoreo de sedimentos del punto AT-SED-UD1, específicamente de los parámetros Antimonio Total, Circonio Total, Molibdeno Total y Titanio Total, fueron comparados con los resultados del punto ESP-SED-02 y ESP-SED-01, con el objetivo de verificar la relación que existe entre los sedimentos del punto blanco de referencia, punto de análisis y los sedimentos del río Huallaga aguas arriba.

Los resultados del monitoreo de sedimentos del punto AT-SED-UD1, el cual fue realizado el 07 de agosto del 2021, se encuentran adjuntados en el Anexo 1 (Tabla 3).

**2.5.2.1. Antimonio Total.** En la Figura 40, se puede observar en cuanto al parámetro de Antimonio Total que, la concentración del punto ESP-SED-02 es 2.776 mg/kg, la concentración del punto ESP-SED-01 es 16.608 mg/kg y la concentración del punto AT-SED-UD1 es 7.305 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia) un valor inferior respecto a la concentración del punto AT-SED-UD1 (punto aguas arriba) y la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor superior respecto a la concentración del punto AT-SED-UD1 (punto aguas arriba).

**Figura 40**

*Concentración de Antimonio Total en el punto AT-SED-UD1, ESP-SED-02 y ESP-SED-01*

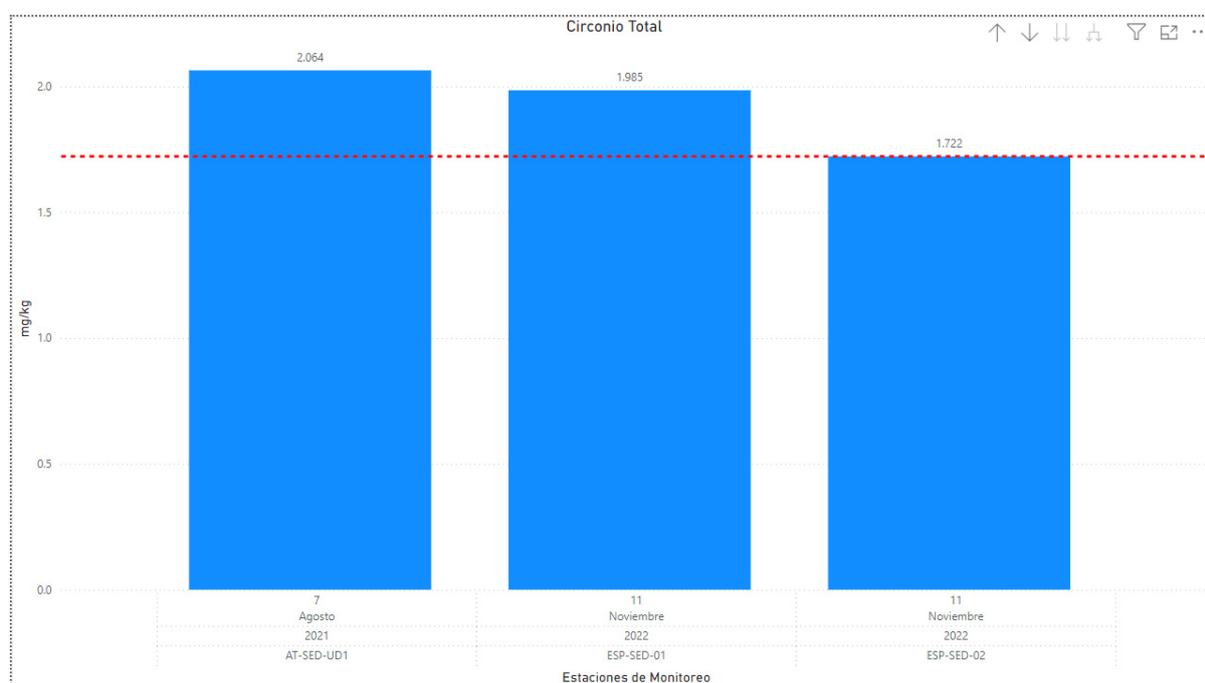


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.2.2. Circonio Total.** En la Figura 41, se puede observar en cuanto al parámetro Circonio Total que, la concentración del punto ESP-SED-02 es 1.722 mg/kg, la concentración del punto ESP-SED-01 es 1.985 mg/kg y la concentración del punto AT-SED-UD1 es 2.064 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia) y punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto AT-SED-UD1 (punto aguas arriba).

**Figura 41**

*Concentración de Circonio Total en el punto AT-SED-UD1, ESP-SED-02 y ESP-SED-01*

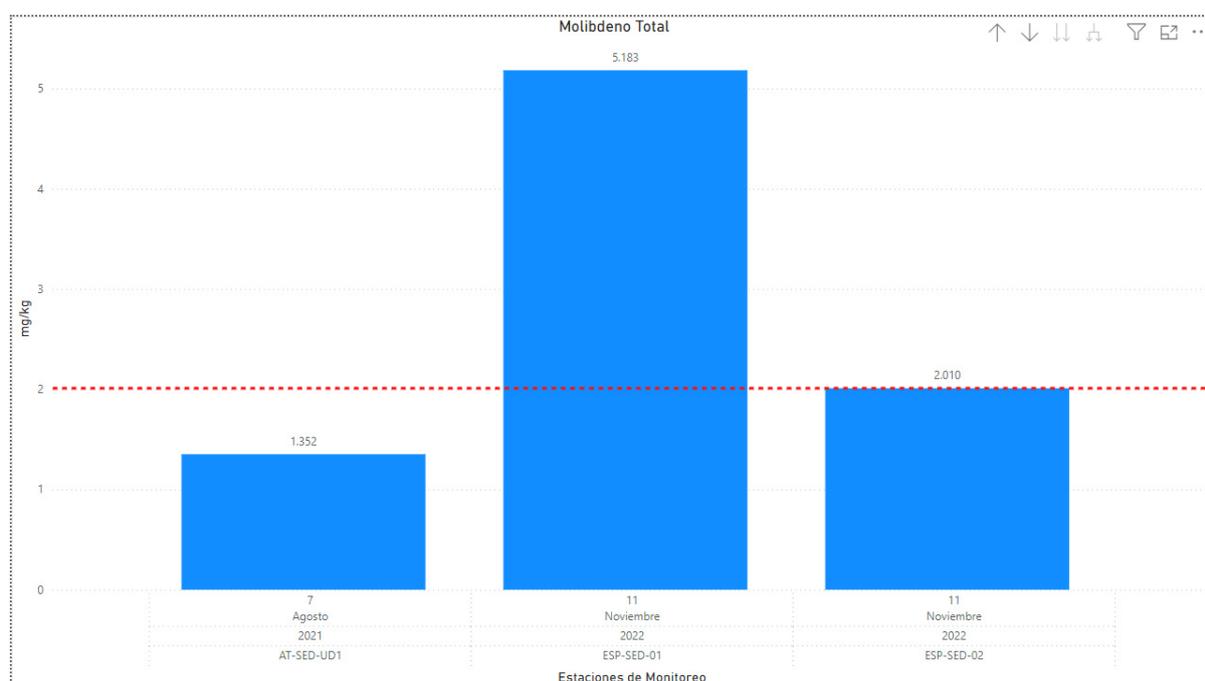


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.2.3. Molibdeno Total.** En la Figura 42, se puede observar en cuanto al parámetro de Molibdeno Total que, la concentración del punto ESP-SED-02 es 2.010 mg/kg, la concentración del punto ESP-SED-01 es 5.183 mg/kg y la concentración del punto AT-SED-UD1 es 1.352 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia) y punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor superior respecto a la concentración del punto AT-SED-UD1 (punto aguas arriba).

**Figura 42**

*Concentración de Molibdeno Total en el punto AT-SED-UD1, ESP-SED-02 y ESP-SED-01*

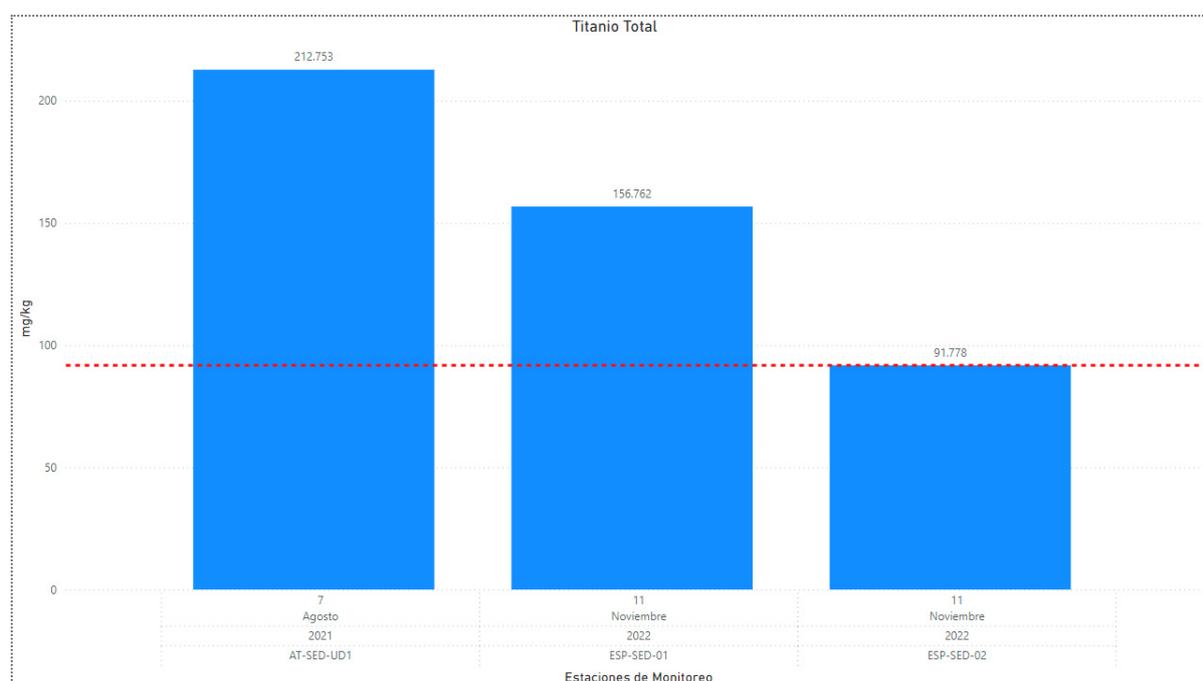


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.2.4. Titanio Total.** En la Figura 43, se puede observar en cuanto al parámetro Titanio Total que, la concentración del punto ESP-SED-02 es 91.778 mg/kg, la concentración del punto ESP-SED-01 es 156.762 mg/kg y la concentración del punto AT-SED-UD1 es 212.753 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia) y punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto AT-SED-UD1 (punto aguas arriba).

**Figura 43**

*Concentración de Titanio Total en el punto AT-SED-UD1, ESP-SED-02 y ESP-SED-01*



*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.3. Resultados de monitoreo de sedimentos en el punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4**

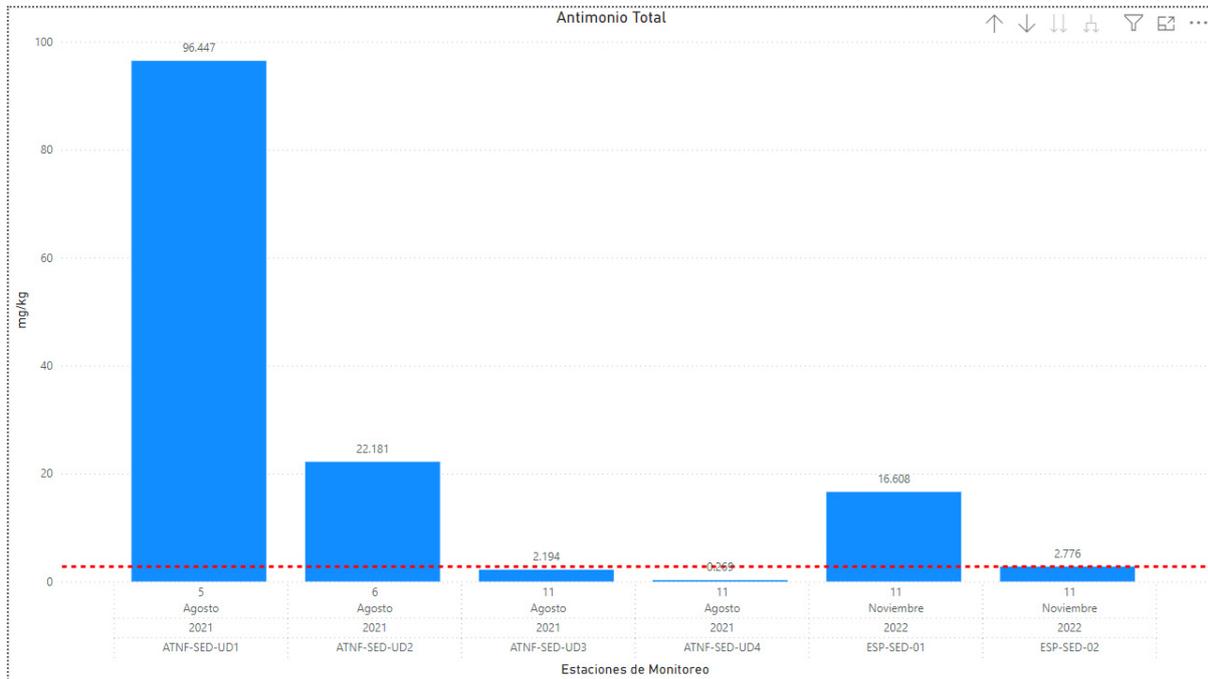
Los resultados del monitoreo de sedimentos de los puntos ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4, específicamente de los parámetros Antimonio Total, Circonio Total, Molibdeno Total y Titanio Total, fueron comparados con los resultados del punto ESP-SED-02 y ESP-SED-01, con el objetivo de verificar la relación que existe entre los sedimentos del punto blanco de referencia, punto de análisis y los sedimentos de las quebradas adyacentes y tributarias al río Huallaga.

Los resultados del monitoreo de sedimentos del punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4, los cuales fueron realizados el 05, 06 y 11 de agosto del 2021 respectivamente, se encuentran adjuntados en el Anexo 1 (Tabla 3 y 4).

**2.5.3.1. Antimonio Total.** En la Figura 44, se puede observar en cuanto al parámetro de Antimonio Total que, la concentración del punto ESP-SED-02 es 2.776 mg/kg, la concentración del punto ESP-SED-01 es 16.608 mg/kg, la concentración del punto ATNF-SED-UD1 es 96.447 mg/kg, la concentración del punto ATNF-SED-UD2 es 22.181 mg/kg, la concentración del punto ATNF-SED-UD3 es 2.194 mg/kg y la concentración del punto ATNF-SED-UD4 es 0.269 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia) un valor inferior respecto a la concentración del punto ATNF-SED-UD1 y ATNF-SED-UD2 (puntos aguas arriba) y a su vez un valor superior a la concentración del ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4 (puntos aguas arriba); así mismo representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ATNF-SED-UD1 y ATNF-SED-UD2 (puntos aguas arriba) y a su vez un valor superior respecto a la concentración del punto ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4 (puntos aguas arriba).

**Figura 44**

Concentración de Antimonio Total en el punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3, ATNF-SED-UD4, ESP-SED-02 y ESP-SED-01

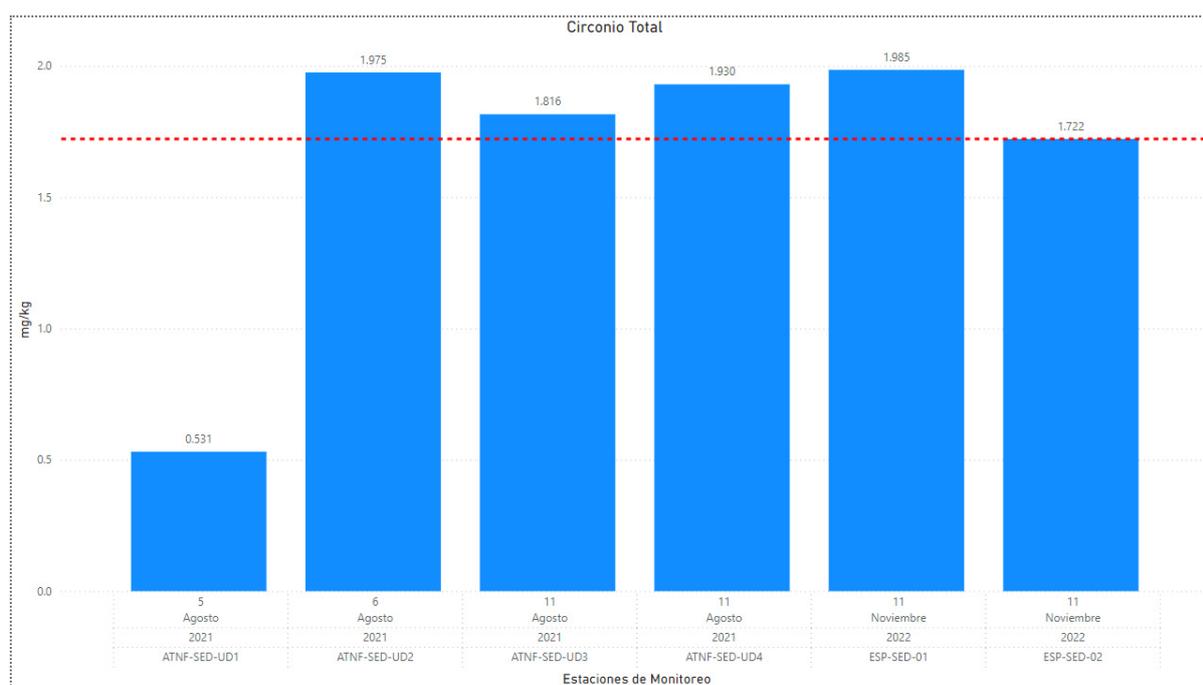


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.3.2. Circonio Total.** En la Figura 45, se puede observar en cuanto al parámetro de Circonio Total que, la concentración del punto ESP-SED-02 es 1.722 mg/kg, la concentración del punto ESP-SED-01 es 1.985 mg/kg, la concentración del punto ATNF-SED-UD1 es 0.531 mg/kg, la concentración del punto ATNF-SED-UD2 es 1.975 mg/kg, la concentración del punto ATNF-SED-UD3 es 1.816 mg/kg y la concentración del punto ATNF-SED-UD4 es 1.930 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia) un valor inferior respecto a la concentración del punto ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4 (puntos aguas arriba) y a su vez un valor superior a la concentración del ATNF-SED-UD1 (punto aguas arriba); así mismo representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor ligeramente superior respecto a la concentración del punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4 (puntos aguas arriba).

**Figura 45**

*Concentración de Circonio Total en el punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3, ATNF-SED-UD4, ESP-SED-02 y ESP-SED-01*

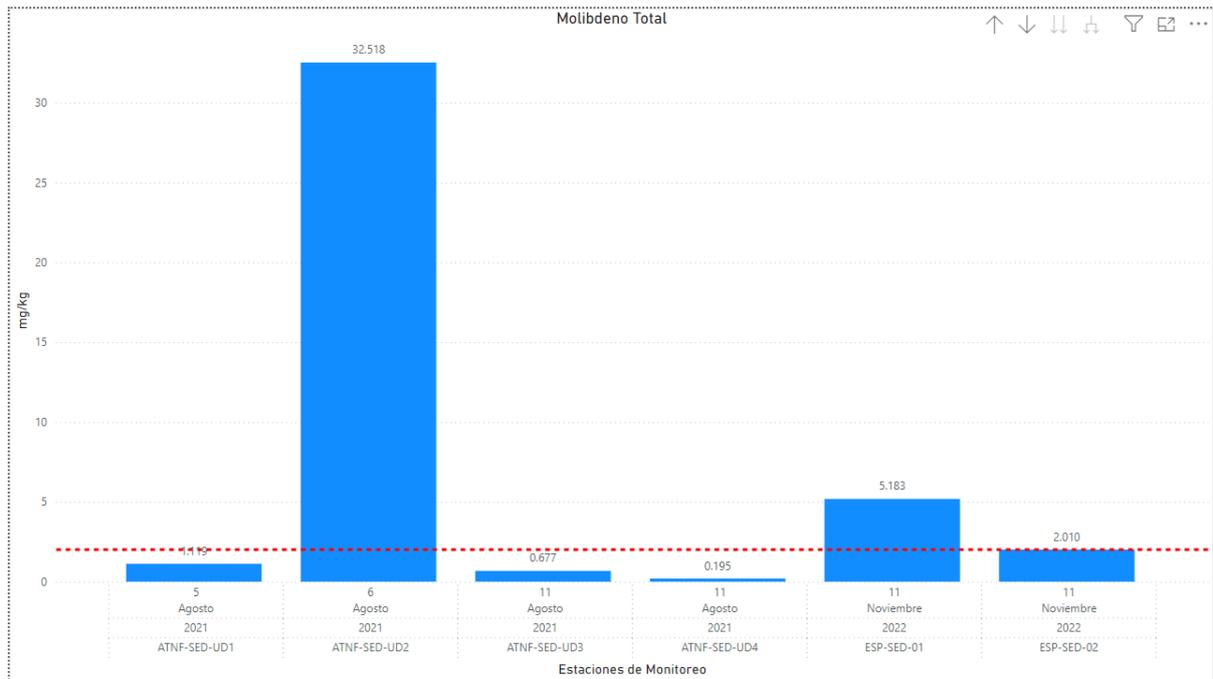


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.3.3. Molibdeno Total.** En la Figura 46, se puede observar en cuanto al parámetro de Molibdeno Total que, la concentración del punto ESP-SED-02 es 2.010 mg/kg, la concentración del punto ESP-SED-01 es 5.183 mg/kg, la concentración del punto ATNF-SED-UD1 es 1.119 mg/kg, la concentración del punto ATNF-SED-UD2 es 32.518 mg/kg, la concentración del punto ATNF-SED-UD3 es 0.677 mg/kg y la concentración del punto ATNF-SED-UD4 es 0.195 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia) un valor inferior respecto a la concentración del punto ATNF-SED-UD2 (punto aguas arriba) y a su vez un valor superior a la concentración del ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4 (puntos aguas arriba); así mismo representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor inferior respecto a la concentración del punto ATNF-SED-UD2 (punto aguas arriba) y a su vez un valor superior respecto a la concentración del punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4 (puntos aguas arriba).

**Figura 46**

*Concentración de Molibdeno Total en el punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3, ATNF-SED-UD4, ESP-SED-02 y ESP-SED-01*

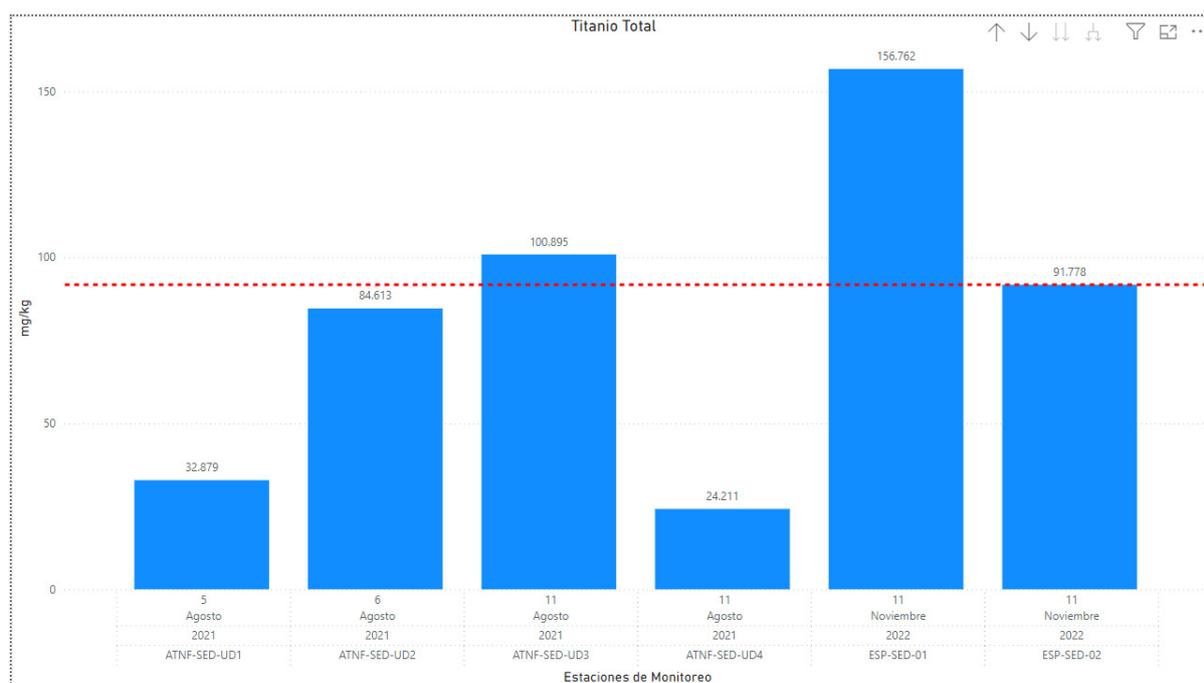


*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**2.5.3.4. Titanio Total.** En la Figura 47, se puede observar en cuanto al parámetro de Titanio Total que, la concentración del punto ESP-SED-02 es 91.778 mg/kg, la concentración del punto ESP-SED-01 es 156.762 mg/kg, la concentración del punto ATNF-SED-UD1 es 32.879 mg/kg, la concentración del punto ATNF-SED-UD2 es 84.613 mg/kg, la concentración del punto ATNF-SED-UD3 es 100.895 mg/kg y la concentración del punto ATNF-SED-UD4 es 24.211 mg/kg, representando la concentración del punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia) un valor inferior respecto a la concentración del punto ATNF-SED-UD3 (punto aguas arriba) y a su vez un valor superior a la concentración del ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2 y ATNF-SED-UD4 (puntos aguas arriba); así mismo representando la concentración del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) un valor superior respecto a la concentración del punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4 (puntos aguas arriba).

**Figura 47**

*Concentración de Titanio Total en el punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3, ATNF-SED-UD4, ESP-SED-02 y ESP-SED-01*



*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

## 2.6. Discusión de resultados

De acuerdo con los resultados del monitoreo de sedimentos realizado en el punto de monitoreo ESP-SED-01 y comparado con los resultados del punto de monitoreo ESP-SED-02 se tiene que, las concentraciones de los metales Aluminio Total, Arsénico Total, Bario Total, Berilio Total, Bismuto Total, Boro Total, Cadmio Total, Calcio Total, Cobalto Total, Cobre Total, Cromo Total, Escandio Total, Estaño Total, Estroncio Total, Fosforo Total, Hierro Total, Lantano Total, Litio Total, Magnesio Total, Manganeso Total, Mercurio Total, Níquel Total, Plata Total, Plomo Total, Potasio Total, Selenio Total, Sodio Total, Talio Total, Thorio Total, Uranio Total, Vanadio Total, Wolframio Total, Ytrio Total y Zinc Total del punto de monitoreo ESP-SED-01 en comparación con las concentraciones del punto de monitoreo ESP-SED-02 son inferiores y en algunos casi iguales, por lo que se podría indicar que las actividades de limpieza y remediación realizadas lograron que los sedimentos del río Huallaga regresen a su condición antes de la ocurrencia de la emergencia ambiental. Sin embargo, en el caso de las concentraciones de los metales Antimonio Total, Circonio Total, Molibdeno Total y Titanio Total del punto de monitoreo ESP-SED-01 en comparación con las concentraciones del punto de monitoreo ESP-SED-02 son superiores, teniendo que la concentración del metal Antimonio Total del punto de monitoreo ESP-SED-01 es de 16.608 mg/l y del punto de monitoreo ESP-SED-02 es de 2.776 mg/l, así mismo teniendo que la concentración del metal Circonio Total del punto de monitoreo ESP-SED-01 es de 1.985 mg/l y del punto de monitoreo ESP-SED-02 es de 1.722 mg/l, de igual modo teniendo que la concentración del metal Molibdeno Total del punto de monitoreo ESP-SED-01 es de 5.183 mg/l y del punto de monitoreo ESP-SED-02 es de 2.010 mg/l, y así también teniendo que la concentración del metal Titanio Total del punto de monitoreo ESP-SED-01 es de 156.762 mg/l y del punto de monitoreo ESP-SED-02 es de 91.778 mg/l, por lo que se podría indicar que las actividades de limpieza y remediación

realizadas no lograron que los sedimentos del río Huallaga regresen a su condición antes de la ocurrencia de la emergencia ambiental.

Por otro lado, de acuerdo con los resultados del monitoreo de sedimentos realizado en el punto de monitoreo AT-SED-UD1 y comparado con los resultados del punto de monitoreo ESP-SED-02 y ESP-SED-01 se tiene que, la concentración del metal Antimonio Total del punto de monitoreo AT-SED-UD1 en comparación con la concentración del punto de monitoreo ESP-SED-02 es superior, así mismo respecto a la concentración del metal Circonio Total del punto de monitoreo AT-SED-UD1 en comparación con la concentración del punto de monitoreo ESP-SED-02 es superior, del mismo modo respecto a la concentración del metal Titanio Total del punto de monitoreo AT-SED-UD1 en comparación con la concentración del punto de monitoreo ESP-SED-02 es superior, por lo que podemos señalar en los tres casos que la presencia de estos metales en el punto de monitoreo ESP-SED-02 se debe a factores naturales y no a factores relacionados a las actividades de la unidad de producción Atacocha, puesto que al tener la presencia de este metal aguas arriba de este punto y a la posible acción de la geodinámica del río Huallaga se generó un arrastre de sedimentos de forma natural desde el punto AT-SED-UD1 hasta los puntos ESP-SED-01 y ESP-SED-02, determinando que existe una relación directa entre estos puntos de monitoreo.

Finalmente, de acuerdo con los resultados del monitoreo de sedimentos realizado en los puntos de monitoreo ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4 y comparado con los resultados del punto de monitoreo ESP-SED-02 y ESP-SED-01 se tiene que, la concentración del metal Antimonio Total del punto de monitoreo ATNF-SED-UD1 y ATNF-SED-UD2 en comparación con la concentración del punto de monitoreo ESP-SED-02 son superiores, así mismo respecto a la concentración del metal Circonio Total del punto de monitoreo ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4 en comparación con la concentración del punto de monitoreo ESP-SED-02 son superiores, del mismo modo

respecto a la concentración del metal Molibdeno Total del punto de monitoreo ATNF-SED-UD2 en comparación con la concentración del punto de monitoreo ESP-SED-02 es superior, finalmente respecto a la concentración del metal Titanio Total del punto de monitoreo ATNF-SED-UD3 en comparación con la concentración del punto de monitoreo ESP-SED-02 es superior, por lo que podemos señalar en los cuatro casos que la presencia de estos metales en el punto de monitoreo ESP-SED-02 se debe a factores naturales y no a factores relacionados a las actividades de la unidad de producción Atacocha, puesto que al tener la presencia de este metal aguas arriba de este punto y a la posible acción de la geodinámica del río Huallaga se generó un arrastre de sedimentos de forma natural desde el punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4 hasta los puntos ESP-SED-01 y ESP-SED-02, determinando que existe una relación directa entre estos puntos de monitoreo.

### III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA

El autor considera que el aporte más destacable realizado, como miembro del equipo de Medio Ambiente de la unidad minera Atacocha y El Porvenir de NEXA, fue el brindar argumentos técnicos razonables para dar respuesta a los PAS que tenía en curso, como por ejemplo el caso específico, el cual estaba referido a que tenía ordenado acreditar la limpieza y resarcimiento del cauce del río Huallaga (zona afectada con fuga de relaves) por una emergencia ambiental, las acciones antes mencionadas debían ejecutarse desde donde ocurrió la fuga (cuerpo de agua) hasta el punto ESP-SED-01, para lo cual debía exponer resultados del punto ESP-SED-01 y compararlo con el punto ESP-SED-02; sin embargo, pese haber ejecutado las actividades de limpieza y resarcimiento del cauce del río Huallaga (zona afectada con fuga de relaves), los resultados del monitoreo del punto ESP-SED-01 (punto de análisis) comparados con el punto ESP-SED-02 (punto blanco de referencia) mostraron concentraciones elevadas de algunos metales (Antimonio Total, Circonio Total, Molibdeno Total y Titanio Total) a comparación de los resultados del punto ESP-SED-02, por lo que el OEFA considero que las acciones realizadas de limpieza y remediación no fueron eficaces.

No obstante, al revisar los antecedentes de monitoreos de sedimentos en puntos ubicados aguas arriba del punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02, y en puntos ubicados en quebradas tributarias sin actividades antrópicas (como la minería) del río Huallaga, se encontró resultados que mostraron concentraciones elevadas de estos metales, por lo que había suficiente prueba para demostrar que los sedimentos con concentraciones elevadas de metales presentes en el cauce del río Huallaga no estaban ligados directamente a las actividades de la unidad de producción Atacocha, sino a otros factores y que por la acción de las escorrentías pluviales los sedimentos podrían haber sido arrastrados hasta la zona del punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02.

En ese sentido, en línea con las consideraciones antes expuestas, la alternativa técnica viable y razonable propuesta por el autor buscó argumentar ante el OEFA que, los sedimentos con concentraciones elevadas de metales presentes en el cauce del río Huallaga no podían ser atribuidas a las operaciones de la unidad minera Atacocha, puesto que los sedimentos con concentraciones elevadas también estaban presentes aguas arriba a los dos puntos determinados por el OEFA, ello bajo el criterio de razonabilidad, por lo que se considera un argumento válido y razonable para defender la posición de la empresa.

Finalmente, en líneas generales, el autor considera que el aporte más destacable a la empresa fue brindar argumentos técnicos viables y que su vez cumplan con la normativa ambiental peruana para dar respuesta y descargo a los procesos administrativos sancionadores, siendo ello un pilar muy importante para lograr con éxito el archivamiento y/o reducción de las medidas administrativas y sanciones económicas impuestas por el OEFA a la empresa, por lo que formar parte del equipo de Medio Ambiente, fue un aporte significativo para la empresa puesto que antes del aporte del autor el nivel de éxito en esta gestión era poco significativa y un aporte significativo a nivel personal puesto que esta experiencia profesional ayudó al autor a consolidar sus conocimientos adquiridos y ponerlos en práctica al mismo tiempo, logrando en el primer y segundo año de sus funciones la reducción de las medidas administrativas y sanciones económicas en más del 50% del total, siendo un hito importante para su trayectoria profesional.

#### IV. CONCLUSIONES

- Del análisis de los resultados de los metales en sedimentos se concluye que, los resultados del monitoreo realizado en el punto ESP-SED-01 y comparado con los resultados del punto ESP-SED-02 determinaron que, las actividades de limpieza y remediación realizadas lograron que los sedimentos del río Huallaga regresen a su condición antes de la ocurrencia de la emergencia ambiental, con excepción de los parámetros Antimonio Total, Circonio Total, Molibdeno Total y Titanio Total, en los cuales se observa que los resultados del punto ESP-SED-01 presentan concentraciones elevadas en comparación a los resultados del punto ESP-SED-02.
- Del análisis de los resultados de metales en sedimentos se concluye que, los resultados del monitoreo realizado en el punto AT-SED-UD1 y comparado con los resultados del punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02 determinaron que, las actividades de limpieza y remediación realizadas lograron que los sedimentos del río Huallaga regresen a su condición antes de la ocurrencia de la emergencia ambiental, puesto que la presencia de los parámetros Antimonio Total, Circonio Total y Titanio Total presentan concentraciones elevadas en comparación a los resultados del monitoreo del punto de monitoreo ESP-SED-02, determinando que existe una relación directa entre estos puntos de monitoreo.
- Del análisis de los resultados de los metales en sedimentos se concluye que, los resultados del monitoreo realizado en el punto ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4, y comparado con los resultados del punto ESP-SED-01 y ESP-SED-02 determinaron que, las actividades de limpieza y remediación realizadas lograron que los sedimentos del río Huallaga regresen a su condición antes de la ocurrencia de la emergencia ambiental, puesto que la presencia de los parámetros Antimonio Total, Circonio Total y Titanio Total presentan concentraciones elevadas en

comparación a los resultados del monitoreo del punto de monitoreo ESP-SED-02, determinando que existe una relación directa entre estos puntos de monitoreo.

- Del análisis de los resultados de los metales en sedimentos se concluye que, los resultados de los monitoreos de sedimentos del río Huallaga (ESP-SED-01 y ESP-SED-02), resultados de los monitoreos de sedimentos aguas arriba (AT-SED-UD1) y resultados de los monitoreos de sedimentos de las quebradas tributarias (ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4) tienen una relación directa en cuanto a concentraciones de los metales presentes en los sedimentos, puesto que en algunos casos se evidencia presencia de metales con una concentración muy elevadas aguas arriba en comparación con los resultados del puntos de monitoreo ESP-SED-02; por lo que en función a los resultados, el autor concluye que la presencia de los metales Antimonio Total, Circonio Total, Molibdeno Total y Titanio Total en concentraciones elevadas se deben a factores naturales y no antrópicos, por lo que se descarta que la presencia de estos metales puedan ser atribuidas a las operaciones de la unidad minera Atacocha.

## V. RECOMENDACIONES

- El autor recomienda realizar una caracterización más profunda de los metales en los sedimentos aguas arriba del río Huallaga, tomando referencia a los puntos de monitoreo ESP-SED-01 y ESP-SED-02, el cual debería abarcar incluso hasta la misma cabecera de la cuenca y todas las quebradas adyacentes que son tributarias al río Huallaga, ello con el objetivo de comprender mejor la relación que tienen los metales presentes en los sedimentos de estos sectores y la relación que tendrían con los sedimentos aguas abajo, con lo cual se tendría mayor certeza de que el arrastre de los metales en sedimentos tiene un origen natural, descartando totalmente de que el origen se deba a las operaciones que realiza la unidad minera Atacocha de NEXA.
- Se recomienda actualizar los monitoreos de los puntos de monitoreo ESP-SED-01, ESP-SED-02, AT-SED-UD1, ATNF-SED-UD1, ATNF-SED-UD2, ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4, con la meta de actualizar la caracterización de los metales presentes en los sedimentos de esas zonas, puesto que será vital tener información actualizada de cara a seguir insistiendo en el argumento hasta que se cierre el Proceso Administrativo Sancionador que tiene aún en curso NEXA.

## VI. REFERENCIAS

- Nuñez Prado, K. (2021). *Modelo Hidráulico de transporte de sedimentos e influencia de los parámetros fluviales, en la confluencia de los ríos Tarma y Tulumayo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7908/07-T010\\_70341532\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7908/07-T010_70341532_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Polar Pérez, M. (2023). *Comportamiento de los metales pesados y los macroinvertebrados bentónicos, como indicadores de calidad del ambiente ante las distintas presiones antrópicas en la cuenca media del río Santa* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional UNMSM. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/b8435627-2489-4297-badf-b2687a5c94d2>
- Quispe Ramos, M. (2022). *Producción de sedimentos en la cuenca Chilca-Chili-Vitor con el método GAVRILOVIC-XEMLIJC utilizando sistema de información geográfica (SIG)* [Tesis de pregrado, Unidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5679>
- Quispe Yana, R., Belizario Quispe, G., Chui Betancur, H., Huaquisto Cáceres, S., Calatayud Mendoza, A., y Yábar Miranda, P. (2019). Concentración de metales pesados: Cromo, Cadmio y Plomo en los sedimentos superficiales en el río Coata, Perú. *Revista Boliviana de Química*, 36(2), 2-6.
- Valenzuela Carpio, J. (2019). *Cuantificación de la capacidad de transporte de sedimentos en el río Amazonas, Loreto, Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio UNMSM. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/08667e45-6470-418e-b4e2-36b3bc931ac8>

## **VII. ANEXOS**

Anexo 1 Resultados de los monitoreos realizados en los años 2021 y 2022

## **ANEXO 1**

Resultados de los monitoreos de sedimentos realizados en los años 2021 y 2022

**Tabla 2**

*Resultados de monitoreo de sedimentos post limpieza y remediación - Punto de monitoreo ESP-SED-01 y ESP-SED-02*

Parámetro	Resultados Monitoreo NEXA 11/11/2022			
	ESP-SED-01 13:39:00		ESP-SED-02 12:44:00	
	COORDENADAS		COORDENADAS	
	UTM		UTM	
	WGS-84		WGS-84	
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
	369750	8830660	369927	8830440
Aluminio Total	2,674.488		6,191.051	
Antimonio Total	16.608		2.776	
Arsénico Total	66.602		109.598	
Bario Total	35.072		105.595	
Berilio Total	0.355		0.581	
Bismuto Total	8.065		8.526	
Boro Total	<17.195		<17.195	
Cadmio Total	3.421		7.850	
Calcio Total	54,073.991		98,195.872	
Circonio Total	1.985		1.722	
Cobalto Total	6.737		7.687	
Cobre Total	59.123		142.108	
Cromo Total	15.210		24.064	
Escandio Total	1.337		1.649	
Estaño Total	1.537		3.455	
Estroncio Total	66.387		140.304	
Fosforo Total	680.228		1,320.006	
Hierro Total	17,512.924		19,535.015	
Lantano Total	5.280		8.112	
Litio Total	5.000		9.500	
Magnesio Total	3,912.419		6,748.860	
Manganeso Total	505.334		937.488	
Mercurio Total	1.704		3.799	
Molibdeno Total	5.183		2.010	
Níquel Total	14.807		21.842	
Plata Total	1.257		3.733	
Plomo Total	600.138		1,041.057	
Potasio Total	325.746		897.303	
Selenio Total	<3.605		<3.605	
Sodio Total	33.525		56.217	
Talio Total	0.785		1.707	

Thorio Total	1.091	1.122
Titanio Total	156.762	91.778
Uranio Total	0.473	0.918
Vanadio Total	18.154	23.730
Wolframio Total	<0.231	<0.231
Ytrio Total	3.516	6.507
Zinc Total	680.519	1,206.507

---

*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**Tabla 3**

*Resultados de monitoreo de sedimentos aguas arriba del punto de monitoreo ESP-SED-01 y ESP-SED-02 en el cauce del río Huallaga, punto de monitoreo AT-SED-UD1*

<b>Parámetro</b>	<b>Resultados Monitoreo NEXA 07/08/2021 AT-SED-UD1 13:34:00 COORDENADAS UTM WGS-84</b>	
	<b>ESTE 370213</b>	<b>NORTE 8829620</b>
Aluminio Total	10,303.709	
Antimonio Total	7.305	
Arsénico Total	53.032	
Bario Total	81.467	
Berilio Total	0.635	
Bismuto Total	5.350	
Boro Total	<17.195	
Cadmio Total	4.525	
Calcio Total	61,990.218	
Circonio Total	2.064	
Cobalto Total	11.869	
Cobre Total	89.472	
Cromo Total	34.949	
Escandio Total	2.954	
Estaño Total	1.610	
Estroncio Total	114.783	
Fosforo Total	1,369.898	
Hierro Total	24,927.701	
Lantano Total	12.761	
Litio Total	11.000	
Magnesio Total	12,951.882	
Manganeso Total	715.941	
Mercurio Total	3.505	
Molibdeno Total	1.352	
Níquel Total	32.701	
Plata Total	2.221	
Plomo Total	468.542	
Potasio Total	1,506.019	
Selenio Total	<3.605	
Sodio Total	173.312	
Talio Total	0.740	
Thorio Total	2.878	

<b>Parámetro</b>	<b>Resultados Monitoreo</b>	
	<b>NEXA</b>	
	<b>07/08/2021</b>	
	<b>AT-SED-UD1</b>	
	<b>13:34:00</b>	
	<b>COORDENADAS UTM</b>	
	<b>WGS-84</b>	
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
	<b>370213</b>	<b>8829620</b>
Titanio Total	212.753	
Uranio Total	0.883	
Vanadio Total	33.401	
Wolframio Total	0.854	
Ytrio Total	8.718	
Zinc Total	908.862	

*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**Tabla 4**

*Resultados de monitoreo de sedimentos aguas arriba del punto de monitoreo ESP-SED-01 y ESP-SED-02 - Punto de monitoreo ATNF-SED-UD1 y ATNF-SED-UD2*

<b>Parámetro</b>	<b>Resultados Monitoreo NEXA 05/08/2021 ATNF-SED-UD1 16:21:00 COORDENADAS UTM WGS-84</b>		<b>Resultados Monitoreo NEXA 06/08/2021 ATNF-SED-UD2 15:57:00 COORDENADAS UTM WGS-84</b>	
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
	<b>366002</b>	<b>8830384</b>	<b>368142</b>	<b>8829672</b>
Aluminio Total	3,800.905		4,752.345	
Antimonio Total	96.447		22.181	
Arsénico Total	247.341		647.907	
Bario Total	62.066		67.635	
Berilio Total	0.415		0.568	
Bismuto Total	1.052		68.334	
Boro Total	<17.195		64.621	
Cadmio Total	6.314		20.016	
Calcio Total	38,849.282		53,147.275	
Circonio Total	0.531		1.975	
Cobalto Total	4.006		9.936	
Cobre Total	11.841		589.971	
Cromo Total	15.086		11.532	
Escandio Total	2.717		2.686	
Estaño Total	<0.940		14.566	
Estroncio Total	22.732		33.743	
Fosforo Total	3,158.365		3,268.386	
Hierro Total	9,598.566		37,505.677	
Lantano Total	7.982		12.717	
Litio Total	<3.0		9.100	
Magnesio Total	4,214.327		7,508.770	
Manganeso Total	2,359.592		5,245.882	
Mercurio Total	1.797		<0.262	
Molibdeno Total	1.119		32.518	
Níquel Total	8.864		9.509	
Plata Total	0.312		3.477	
Plomo Total	255.148		1,173.431	
Potasio Total	643.814		893.037	
Selenio Total	<3.605		8.155	
Sodio Total	127.310		86.528	
Talio Total	10.645		3.880	
Thorio Total	1.970		2.394	
Titanio Total	32.879		84.613	

Uranio Total	3.056	2.038
Vanadio Total	15.878	12.981
Wolframio Total	<0.231	4.205
Ytrio Total	8.715	9.998
Zinc Total	1,443.698	3,201.891

---

*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.

**Tabla 5**

*Resultados de monitoreo de sedimentos aguas arriba del punto de monitoreo ESP-SED-01 y ESP-SED-02 - Punto de monitoreo ATNF-SED-UD3 y ATNF-SED-UD4*

<b>Parámetro</b>	<b>Resultados Monitoreo NEXA 11/08/2021 ATNF-SED-UD3 11:07:00 COORDENADAS UTM WGS-84</b>		<b>Resultados Monitoreo NEXA 11/08/2021 ATNF-SED-UD4 15:48:00 COORDENADAS UTM WGS-84</b>	
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
	<b>371233</b>	<b>8828556</b>	<b>369544</b>	<b>8829182</b>
Aluminio Total	7,748.553		1,326.275	
Antimonio Total	2.194		0.269	
Arsénico Total	10.084		3.203	
Bario Total	95.072		11.759	
Berilio Total	0.708		0.206	
Bismuto Total	1.595		0.600	
Boro Total	30.184		26.624	
Cadmio Total	1.576		<0.144	
Calcio Total	30,679.265		666.452	
Circonio Total	1.816		1.930	
Cobalto Total	5.210		1.054	
Cobre Total	8.042		2.002	
Cromo Total	11.820		4.433	
Escandio Total	2.978		0.558	
Estaño Total	<0.940		<0.940	
Estroncio Total	35.087		1.491	
Fosforo Total	946.275		151.117	
Hierro Total	12,815.586		3,407.886	
Lantano Total	10.234		4.247	
Litio Total	7.400		<3.0	
Magnesio Total	2,869.708		151.519	
Manganeso Total	533.840		133.059	
Mercurio Total	<0.262		<0.262	
Molibdeno Total	0.677		0.195	
Níquel Total	11.599		1.964	
Plata Total	1.266		0.665	
Plomo Total	734.426		8.267	
Potasio Total	1,082.442		679.132	
Selenio Total	<3.605		<3.605	
Sodio Total	159.505		70.405	
Talio Total	0.117		<0.093	
Thorio Total	3.340		1.462	
Titanio Total	100.895		24.211	

Uranio Total	0.722	0.174
Vanadio Total	26.350	4.941
Wolframio Total	0.248	<0.231
Ytrio Total	9.405	2.251
Zinc Total	695.524	18.218

---

*Nota.* Elaboración propia con información obtenida de Nexa Resources Atacocha S.A.A.