



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**MAESTRÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES CON MENCIÓN  
EN MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO**

**IMPACTO DE ACTIVIDADES MINERAS EN CALIDAD DE AGUAS EN LA  
CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMARILLO, EN PERIODO ENERO-JUNIO  
2023.**

**NOMBRE**

**ING. JARNETTE GISELLA GONZÁLEZ VALDIVIEZO**

**MODALIDAD DE TITULACIÓN  
EN LÍNEA**

**TUTOR**

**ING. IRÁN RODRÍGUEZ DELGADO. MSC.**

**COTUTOR**

**ING. HIPÓLITO ISRAEL PÉREZ IGLESIAS. PHD.**

**Machala**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi mami, Amparito Valdiviezo, por el amor y apoyo que siempre me ha brindado, dándome la fuerza para perseguir mis metas.

A mis hermanos Blanca, Brigith, Axel por el apoyo moral y por estar presente en cada momento.

A mi novio Cristhian Beltrán por darme mucha fuerza para seguir adelante, y por acompañarme en momentos de felicidad y de tristeza.

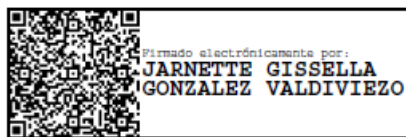
## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de seguir estudiando y llegar a estos momentos tan importantes en mi formación profesional. Gracias a mis padres Amparito del Rocio Valdiviezo Jimenez y Wilfrido Alfonso González Reyes por gran amor y apoyo, dándome sus sabios consejos para que pueda obtener mis logros a seguir. A mis hermanos Blanca González, Brigith González y Axel González por sus grandes apoyos y sus sabios consejos en nunca rendirme y seguir cumpliendo con mis sueños. A mi novio Cristhian Beltrán Gualán por apoyarme y dándome la fuerza para seguir adelante y ser una buena profesional.

También agradezco a mi tutor de tesis el Ing. Irán Rodríguez Delgado. Msc. y mi cotutor el Ing. Hipólito Israel Pérez Iglesias. PhD. Que me han brindado sus conocimientos, sabiduría, confianza, y que pudieron enseñarme en el trascurso de la carrera.

## **RESPONSABILIDAD DE AUDITORÍA**

Yo, Ing. Jarnette Gissella González Valdiviezo con C.I. 0704818467, declaro que el trabajo del Impacto de actividades mineras en calidad de aguas en la cuenca hidrográfica del río Amarillo, en periodo enero-junio 2023, en opción al título de Magister en Recursos naturales renovables con mención en manejo y preservación de los recursos naturales, es original y auténtico; cuyo contenido: conceptos, definiciones, datos empíricos, criterios, comentarios y resultados son de mi exclusiva responsabilidad

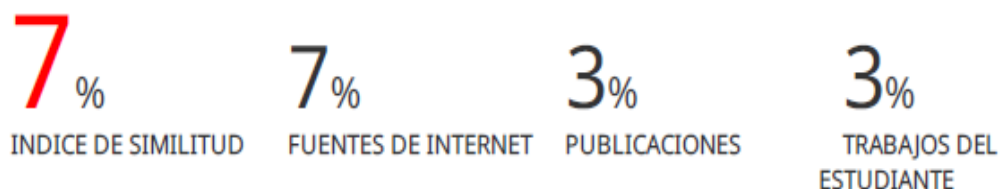


Ing. Jarnette Gissella González Valdiviezo  
C.I. 0704818467

Machala, 2023/10/12

# Impacto de actividades mineras en calidad de aguas en la cuenca hidrográfica del río Amarillo, en periodo enero-junio 2023.

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://www.portovelo.gob.ec">www.portovelo.gob.ec</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="http://www.mdpi.com">www.mdpi.com</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
5	<a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec">repositorio.ucsg.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://es.readkong.com">es.readkong.com</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://www.rmtache.ca">www.rmtache.ca</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://ocdimage.emnrd.nm.gov">ocdimage.emnrd.nm.gov</a> Fuente de Internet	<1%

9	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	<1 %
10	repositorio.utmachala.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
11	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	www.pumagua.unam.mx Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

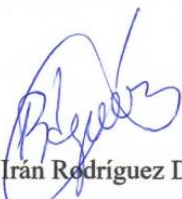
Excluir coincidencias < 40 words

Excluir bibliografía

Apagado

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Irán Rodríguez Delgado. Msc. con C.I. 0959288960; tutor del trabajo de Impacto de actividades mineras en calidad de aguas en la cuenca hidrográfica del río Amarillo, en periodo enero-junio 2023, en opción al título de Magister en recursos naturales renovables con mención en manejo y preservación de los recursos naturales, ha sido revisado, enmarcado en los procedimientos científicos, técnicos, metodológicos y administrativos establecidos por el Centro de Posgrado de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), razón por la cual doy fe de los méritos suficientes para que sea presentado a evaluación.



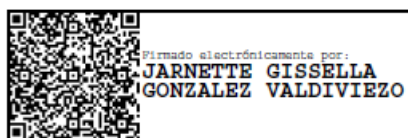
Ing. Irán Rodríguez Delgado. Msc.  
C.I. 0959288960

Machala, 2/10/2023

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Ing. Jarnette Gissella González Valdiviezo con CI. 0704818467, autor del trabajo de titulación del Impacto de actividades mineras en calidad de aguas en la cuenca hidrográfica del río Amarillo, en periodo enero-junio 2023, en opción al título de Magister en Recursos naturales renovables con mención en manejo y preservación de los recursos naturales, declaro bajo juramento que:

- El trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.
- Cede a la Universidad Técnica de Machala de forma exclusiva con referencia a la obra en formato digital los derechos de:
  - a. Incorporar la mencionada obra en el repositorio institucional para su demostración a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia *Creative Commons Attribution-NoCommercial* – Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY NCSA 4.0); la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y el Reglamento Institucional.
  - b. Adecuarla a cualquier formato o tecnología de uso en INTERNET, así como correspondiéndome como autora la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.



Ing. Jarnette Gissella González Valdiviezo  
CI. 0704818467

Machala, 2023/10/13



## RESUMEN

El agua es un elemento esencial en el planeta, el 70% de la superficie terrestre está cubierta por agua en el océano, mares, ríos y lagos, y el 2,5% del agua es dulce, evidencia que es un recurso fundamental para los seres humanos, los animales y el desarrollo agrícola. El presente trabajo se realizó en la cuenca del río Amarillo perteneciente al cantón Portovelo en la provincia de El Oro, situado en las coordenadas: Latitud: 3°43'17" S, longitud: 79°37'18" W, a una altitud de 608 msnm. Con el objetivo en determinar el impacto de actividades mineras en calidad de aguas en la cuenca hidrográfica del río Amarillo. Se recolectaron 12 muestras de agua aleatoriamente en cuatro puntos, donde se vierten las aguas provenientes de las plantas de beneficio de minería metálica, el procedimiento se realizó en dos mediciones (enero y mayo) en los puntos georreferenciados donde se desarrollan las actividades mineras en la cuenca del río Amarillo. Las muestras de agua se llevaron al laboratorio de NemaLap, obteniendo los respectivos resultados e interpretaciones de los análisis del agua para el consumo humano según las normas INEN 1 108:2006; nos permiten comparar sus resultados entre las plantas mineras para conocer si presentan o no diferencias significativas entre ellas, durante su desarrollo de la actividad, analizando sus propiedades físicas, químicas y metales pesados del agua. Si se presentó diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras se aplicó la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan. En enero la dureza del agua en áreas de vertimiento de residuales procedentes de las plantas mineras mostró los mayores valores en PLAMI3 (609,1 mg/l) superiores al LMP (300 mg/l). El carbonato en el agua en los meses de enero y mayo no presentaron diferencias estadísticas con un valor de 0,0 mg/l en las plantas mineras.

**PALABRAS CLAVE:** Minería, contaminación, relave, naturaleza.

## ABSTRACT

Water is essential element on the planet, more than 70% of the earth's surface is covered by water in the ocean, seas, rivers and lakes, and 2,5% of water is fresh, evidence that it is a fundamental resource for human beings, animals and agricultural development. The present work was carried out in the Yellow river basin belonging to the Portovelo canton in the province of El Oro, located at the coordinates: Latitude: 3°43'17" S, longitude: 79°37'18" W, at an altitude of 608 msnm. With the objective of determining the impact of mining activities in water quality in the Yellow river basin. Twelve water samples were collected randomly at four points where the water from the metal mining benefit plants is discharged, the procedure was carried out two measurements (January and May) at the georeferenced points where mining activities are carried out in the Yellow river basin. The water samples were taken to the NEMALAP laboratory, obtaining the respective results and interpretation of the water analysis for human consumption according to INEN 1108:2006 standards, allow us to compare the results between the mining plants to determine whether or not there are significant differences between them during the development of the activity, analyzing their physical and chemical properties of the water. If there were significant statistical differences between the mining plants, the Duncan's rank and multiple comparisons test was applied. In January, water hardness in areas of where discharge from the mining plants showed the highest values in PLAMI3 ( $\bar{X}$ =609,1 mg/l), higher than LMP (300 mg/l). For carbonate in water in the months of January and May, there are no statistical differences with a value of 0,0 mg/l in the mining plants.

**KEYWORDS:** Mining, pollution, tailings, nature.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. Formulación del problema</b> .....	2
<b>1.2. Delimitación del problema</b> .....	2
<b>1.3. Hipótesis</b> .....	3
<b>1.4. Objetivos de la investigación</b> .....	3
<b>1.4.1. Objetivo general</b> .....	3
<b>1.4.2. Objetivos específicos</b> .....	3
<b>CAPÍTULO II</b> .....	4
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
<b>2.1. Labor teórica</b> .....	4
<b>2.1.1. El agua</b> .....	4
<b>2.1.2. Cuenca hidrográfica</b> .....	8
<b>2.1.3. Minería</b> .....	14
<b>2.2. Antecedentes de contaminación minera</b> .....	18
<b>2.2.1. Estudios de la minera en el mundo</b> .....	18
<b>2.2.2. Estudios de minería en Ecuador</b> .....	18
<b>CAPÍTULO III</b> .....	20
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	20
<b>3.1. Materiales</b> .....	20
<b>3.1.1. Área del estudio</b> .....	20
<b>3.1.2. Materiales oficina'</b> .....	20
<b>3.1.3. Materiales de campo</b> .....	21
<b>3.1.4. Características del área de estudio</b> .....	21
<b>3.2. Metodología</b> .....	24
<b>3.2.1. Toma de muestras</b> .....	24
<b>3.2.2. Control de parámetro</b> .....	25
<b>3.2.3. Diseño del estudio</b> .....	25
<b>3.2.4. Enfoque de la investigación</b> .....	25
<b>3.2.5. Población, muestra y muestreo</b> .....	25
<b>3.2.6. Variables a medir</b> .....	25

3.2.7. Procedimientos estadísticos .....	28
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>30</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1. Ubicación de actividades mineras en el río Amarillo .....</b>	<b>30</b>
4.1.1. Ubicación de los puntos de las actividades mineras .....	30
<b>4.2. Comportamiento de las propiedades físicas y químicas .....</b>	<b>31</b>
4.2.1. Parámetro físico .....	31
4.2.2. Parámetro químico .....	34
4.2.3. Parámetro metales pesados .....	51
<b>4.3. Efecto del vertimiento de residuales líquidos procedentes en las actividades mineras. ....</b>	<b>53</b>
4.3.1. Propiedades físicas .....	54
4.3.2. Propiedades químicas .....	56
4.3.3. Metales pesados .....	71
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>6. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>76</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>Figura 1.</b> División de una cuenca geográfica. ....	9
<b>Figura 2.</b> Efectos acumulativos de actividades humanas en una cuenca.....	10
<b>Figura 3.</b> Zonificación de la cuenca hidrográfica.....	11
<b>Figura 4.</b> Divisoría de aguas.....	11
<b>Figura 5.</b> Procesamiento que se realiza para la obtención de minerales en las plantas mineras.....	16
<b>Figura 6.</b> Ubicación geográfica de los puntos de muestreo de la investigación.....	20
<b>Figura 7.</b> Mapa de división política del cantón Portovelo.....	21
<b>Figura 8.</b> Mapa climático del cantón Portovelo.....	22
<b>Figura 9.</b> Catastro minero del cantón Portovelo.....	24
<b>Figura 10.</b> Ubicación geográfica de las actividades mineras en la cuenca del río Amarillo.....	30
<b>Figura 11.</b> Caracterización del color del agua (UTC) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.....	32
<b>Figura 12.</b> Caracterización de la turbidez del agua (NTU) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.....	33
<b>Figura 13.</b> Caracterización de la dureza del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.....	34
<b>Figura 14.</b> Caracterización del pH del agua por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.....	36
<b>Figura 15.</b> Caracterización de los nitratos del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.....	37
<b>Figura 16.</b> Caracterización de los nitritos del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.....	38
<b>Figura 17.</b> Caracterización del fósforo del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.....	39
<b>Figura 18.</b> Caracterización del potasio del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.....	40
<b>Figura 19.</b> Caracterización del calcio del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.....	41
<b>Figura 20.</b> Caracterización del magnesio del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.....	43
<b>Figura 21.</b> Caracterización del sulfato del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.....	44
<b>Figura 24.</b> Caracterización del hierro del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.....	45
<b>Figura 25.</b> Caracterización del manganeso del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.....	46
<b>Figura 26.</b> Caracterización del carbonato del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.....	47
<b>Figura 27.</b> Caracterización del cloruro del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.....	48

<b>Figura 28.</b> Caracterización de la alcalinidad del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras. ....	49
<b>Figura 29.</b> Caracterización del STD del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras. ....	50
<b>Figura 23.</b> Caracterización del cobre del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras. ....	51
<b>Figura 22.</b> Caracterización del zinc del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras. ....	52
<b>Figura 30.</b> Barras de agrupación del color (UTC) por las plantas mineras. ....	55
<b>Figura 31.</b> Barras de agrupación de turbidez (mg/l) por las plantas mineras. ....	56
<b>Figura 32.</b> Barras de agrupación de dureza (mg/l) por las plantas mineras. ....	57
<b>Figura 33.</b> Barras de agrupación de pH por las plantas mineras. ....	58
<b>Figura 34.</b> Barras de agrupación de nitratos (mg/l) por las plantas mineras. ....	59
<b>Figura 35.</b> Barras de agrupación de nitritos (mg/l) por las plantas mineras. ....	60
<b>Figura 36.</b> Barras de agrupación de fósforo (mg/l) por las plantas mineras. ....	61
<b>Figura 37.</b> Barras de agrupación de potasio (mg/l) por las plantas mineras. ....	62
<b>Figura 38.</b> Barras de agrupación de calcio (mg/l) por las plantas mineras. ....	63
<b>Figura 39.</b> Barras de agrupación de magnesio (mg/l) por las plantas mineras. ....	64
<b>Figura 40.</b> Barras de agrupación de sulfato (mg/l) por las plantas mineras. ....	65
<b>Figura 43.</b> Barras de agrupación de hierro (mg/l) por las plantas mineras. ....	66
<b>Figura 44.</b> Barras de agrupación de manganeso (mg/l) por las plantas mineras. ....	67
<b>Figura 45.</b> Barras de agrupación de carbonato (mg/l) por las plantas mineras. ....	68
<b>Figura 46.</b> Barras de agrupación de potasio (mg/l) por las plantas mineras. ....	69
<b>Figura 47.</b> Barras de agrupación de potasio (mg/l) por las plantas mineras. ....	70
<b>Figura 48.</b> Barras de agrupación de sólidos totales disueltos (mg/l) por las plantas mineras. ....	71
<b>Figura 42.</b> Barras de agrupación de cobre (mg/l) por las plantas mineras. ....	72
<b>Figura 41.</b> Barras de agrupación de zinc (mg/l) por las plantas mineras. ....	73

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1.</b> Parámetros de control del agua.....	6
<b>Tabla 2.</b> Principales contaminantes químicos presentes en el agua contaminada .....	8
<b>Tabla 3.</b> Funciones de las cuencas hidrográficas.....	12
<b>Tabla 4.</b> Principales servicios de la cuenca hidrográfica.....	13
<b>Tabla 5.</b> Límites fisiográficos del cantón Portovelo.....	22
<b>Tabla 6.</b> Órdenes de suelos en el cantón Portovelo.....	23
<b>Tabla 7.</b> Metodología de análisis de los parámetros físico y químicos en el agua del río Amarillo.....	26
<b>Tabla 8.</b> Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales.....	27
<b>Tabla 9:</b> Criterio de calidad de agua de consumo humano según el INEN 1 108:2006	27
<b>Tabla 10.</b> El cuadro de operacionalización de variables.....	28
<b>Tabla 11.</b> Coordenadas geográficas de las plantas mineras que se encuentra en el río Amarillo.....	31
<b>Tabla 12.</b> Resultados de contraste de hipótesis en función de las propiedades físicas y químicas del agua en la zona de vertimientos de las plantas mineras en el río Amarillo en los meses de enero y mayo de 2023.....	54

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Concesiones mineras en el Cantón Portovelo.....	74
<b>Anexo 2.</b> Materiales para recolección de muestras (botellas etiquetadas).....	75
<b>Anexo 3.</b> Visita a la PLAMI1 Beneficio Centenario.....	75
<b>Anexo 4.</b> Visita a la PLAMI2 Beneficio León.....	75
<b>Anexo 5.</b> Visita a la PLAMI3 Beneficio Aguilar.....	75
<b>Anexo 6.</b> PLAMI4 Oro metal Oromet.....	76
<b>Anexo 7.</b> Recolección de muestras dentro de las plantas mineras en enero.....	76
<b>Anexo 8.</b> Identificación y entrega de muestran al laboratorio de Nemap el mes de enero.....	76
<b>Anexo 9.</b> Recolección de muestras de aguas en distintas plantas mineras.....	76
<b>Anexo 10.</b> Identificación y entrega de muestras al laboratorio de Nemap el mes de mayo.....	77
<b>Anexo 11.</b> Resultado de análisis química del agua en la primera Planta beneficio, mes de enero.....	77
<b>Anexo 12.</b> Resultado de análisis química del agua en la segunda Planta beneficio, mes de enero.....	77
<b>Anexo 13.</b> Resultado de análisis química del agua en la tercera Planta beneficio, mes de enero.....	78
<b>Anexo 14.</b> Resultado de análisis química del agua en la cuarta Planta beneficio, mes de enero.....	78
<b>Anexo 15.</b> Resultado de análisis química del agua en la primera Planta beneficio, mes de mayo.....	79
<b>Anexo 16.</b> Resultado de análisis química del agua en la segunda Planta beneficio, mes de mayo.....	79
<b>Anexo 17.</b> Resultado de análisis química del agua en la tercera Planta beneficio, mes de mayo.....	80
<b>Anexo 18.</b> Resultado de análisis química del agua en la cuarta Planta beneficio, mes de mayo.....	80



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

En la industria minera a nivel mundial tiene un crecimiento que ha generado muchas divisas a cada país, pero también una grave contaminación como lo indica Martínez & Obela (2021) en Latinoamérica la actividad minera está liderada por las empresas privadas extranjeras, especialmente los chinos, británicos y los canadienses; el mayor productor de plata es México, seguido por la producción de litio de Bolivia y el tercer lugar es la producción de hierro de Brasil y el primero en la producción de oro, cobre y plata de Perú; estas regiones reciben el 85% de las exportaciones del área minera.

En el presente estudio investigativo se enfoca el impacto de actividades mineras en calidad de aguas en la cuenca hidrográfica del río Amarillo, en periodo enero-junio 2023, donde se evaluó el incremento de la contaminación por la minería en el cuerpo hídrico, donde se hubo el interés de su estudio, por los impactos que se generaron en la cuenca hidrográfica del río Amarillo, con la alteración de la calidad de agua y la vida de muchos organismos vivos incluyendo al hombre, su caracterización generó beneficios para sus usos en las labores diarias, que el ser humano ejecuta (actividades agropecuarias y de consumo humano), estudios realizados por Orellana & Lalvay (2018) establece que los seres humanos utilizamos los recursos naturales con la finalidad de satisfacer las necesidades diarias y básicas: alimentación, salud y economía, que son esenciales para la vida de la presente y futura generación.

En el desarrollo de la investigación se analizaron cuatro plantas mineras ubicadas en el cantón Portovelo de la provincia de El Oro-Ecuador, donde se establecieron 12 puntos de muestreo en relación al efluente minero cuyas descargas van al cuerpo hídrico del río Amarillo, las muestras tomadas fueron analizadas al laboratorio NemaLab ubicada en el cantón Machala de la provincia de El Oro certificado para su respectivo análisis físicos, químicos y metales pesados, y así establecer el grado de contaminación de los efluentes de las cuatro plantas mineras, en cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos por las normas INEN 1 108:2006. La actividad minera en la parte alta de la provincia de El Oro, genera impactos negativos, ocasionan daños al ecosistema, reduciendo el buen vivir de todo ser vivo (Vilela-Pincay et al., 2020).

En la investigación se desarrolló una metodología, donde se realizó muestreos a los efluentes de las cuatro plantas mineras durante los meses de enero y mayo, valorando

cada caudal generado por cada planta minera en tres puntos ya establecidos, sus muestras fueron analizadas en el laboratorio NemaLab del cantón Machala y sus resultados de los dos meses comparados con las normativas INEN 1 108:2006 de sus límites máximos permisibles, resultados que además fueron utilizados en un estudio estadístico del ANOVA de un factor intergrupos para conocer si existe diferencias significativas o no entre las plantas mineras.

Las plantas mineras aportan contaminantes para alterar el cuerpo hídrico del río amarillo, contaminaron porque algunas sobrepasó al límite de la norma INEN, por lo tanto, este estudio me fortalece como profesional conocer que toda labor que se hace el ser humano especialmente la minería debe ser analizado sus efluentes para evitar contaminaciones a futuro.

Por todo lo indicado surgen la necesidad de estudios que permitan caracterizar las propiedades físicas, químicas y metales pesados del agua en cuerpos hídricos donde se vierten residuales líquidos provenientes de actividades mineras en la cuenca del río Amarillo en el Cantón Portovelo, con la finalidad de diagnosticar ese impacto y que condición se encuentra.

### **1.1. Formulación del problema**

Las actividades mineras son labores que generan trabajo y a la vez contaminación debido al uso y racional de productos tóxicos minerales entre ellos metales pesados en la provincia de El Oro en el Cantón Portovelo la labor minera se ejecuta pero no es regulada sobre el uso de los productos químicos diariamente para la extracción de oro y plata, sin conocer o valorar que remanentes o cantidades mayores de los límites máximo permisibles, que forman parte de sus efluentes los mismo que son descargados a cuerpos hídricos (río Amarillo) ocasionando afectaciones por falta de controles por entidades reguladoras, su presencia generan impactos a los organismos del medio acuático, terrestre con su flora, fauna y al ser humano.

### **1.2. Delimitación del problema**

- **Delimitación espacial del problema:** Cuenca hidrográfica del río Amarillo en el cantón Portovelo.
- **Delimitación temporal de problema:** Periodo correspondiente a los meses de enero a junio de 2023.

### **1.3. Hipótesis**

Los efluentes generados por las plantas mineras del cantón Portovelo, son los causantes de la contaminación de la cuenca hídrica del río Amarillo.

### **1.4. Objetivos de la investigación**

#### **1.4.1. Objetivo general**

- Determinar el impacto que genera las actividades mineras en la calidad del agua de la cuenca hidrográfica del río Amarillo, en periodo enero-junio 2023.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Identificar los puntos donde se desarrollan actividades mineras en la cuenca del río Amarillo mediante el sistema de información geográfica.
2. Determinar el comportamiento de las propiedades físicas (color, turbidez), químicas (dureza, pH, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, P, K, Ca, Mg, SO<sub>4</sub>, Fe, Mn, CO<sub>3</sub>, Cl<sup>-</sup>, ALCAL, STD), metales pesados (Cu y Zn) del agua en diferentes puntos de la cuenca hídrica valoradas con la norma INEN del río Amarillo.
3. Evidenciar la contaminación entre las plantas mineras por el efecto del vertimiento de sus efluentes mineros a las cuencas hídricas del río Amarillo en Portovelo, en el periodo enero y junio de 2023.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Labor teórica

##### 2.1.1. El agua

###### 2.1.1.1. Importancia del agua

El agua es el elemento esencial e importante para la vida y el componente más abundante del cuerpo humano, además de poseer un sin número de usos en la vida cotidiana (Lemoine, 2012). La cantidad de agua está sujeta en múltiples variables y condiciones fisiopatológicas; por lo cual la importancia se ve reflejada en el desarrollo de los funcionamientos biológicos (Salas-Salvadó et al., 2020).

El agua es fundamental para la vida, salud y bienestar; sin embargo, la falta de protección de las fuentes de agua debido a las actividades antrópicas conduce a la degradación de la calidad del agua y los efectos de la contaminación del agua (Martín-López et al., 2007).

El agua es el componente principal del cuerpo humano, es esencial para el proceso fisiológico y el funcionamiento del sistema circulatorio e incluso la ejecución de los desechos metabólicos insolubles (Iglesias et al., 2011).

###### 2.1.1.2. Cantidad de agua en el planeta

El agua es un elemento principal en el mundo, más del 70% de la superficie terrestre está cubierta por el recurso natural y se encuentra en ríos, lagos y océanos; es fuente y sustento de la vida en la tierra, y tiene la función de controlar el clima a nivel global (Fernández, 2012).

El agua es fundamental para todas las formas de vida, a nivel mundial que contiene un 97,5% de agua salada y 2,5% de aguas dulces, son aptos para el consumo humano y desarrollo agrícola (Yanez-Yanez, 2016); el agua representa una minoría a nivel global y es una de las fuentes primordiales que alberga una porción limitada en el planeta.

En Perú las zonas rurales tienen un acceso mucho menor al agua potable y al saneamiento que las zonas urbanas (Juliño et al., 2021); el agua afecta a la salud humana si estas son contaminadas con sustancias tóxicas o infecciosas.

###### 2.1.1.3. Calidad de agua

El agua se evalúa mediante los diferentes parámetros, que permiten cuantificar el grado de alteración mediante sus características naturales y el nivel de contaminación (Castro

et al., 2014). Las pruebas generalmente incluyen comparaciones físicas, químicas y bacteriológica que se establecen un buen índice en su calidad del agua; también, muestran el nivel de contaminación del agua durante el periodo de muestro, las aguas altamente contaminadas son cercano o igual a cero por ciento (Guillén et al., 2012).

La mayor importancia es la vigilancia y control por lo cual esto permite asegurar una mejor decisión en la calidad y así brindar mejores beneficios para la salud humana y animal, ya que se reduciría la posibilidad de propagación de enfermedades por el agua que se encuentre contaminada (Briñez et al., 2012).

La cantidad diaria de agua recomendada para las personas puede variar según la fuente de agua y las necesidades personales, como lo demuestra Baque-Mite et al. (2016) quienes los seres humanos consumen al menos tres litros de agua potable por día y las actividades antrópicas requieren veinte litros de agua potable.

#### **2.1.1.4. Países con mayores reservas de agua**

Brasil, Rusia, Canadá, Estados Unidos, India y China tienen las mayores reservas de agua dulce, y más del 40% de los ríos se encuentran en estos países. Además, el río Amazonas representa el 16% del caudal total de los ríos a nivel global (Toledo, 2002).

En Ecuador se dispone para su uso de 22 500 m<sup>3</sup>/hab/año de agua dulce, valor mayor que lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que es de 1 000 m<sup>3</sup>/hab/año (Salazar et al., 2020).

#### **2.1.1.5. Delimitación del agua**

Los límites de los recursos hídricos determina la calidad y desarrollo del crecimiento, ejerce una gran presión en los páramos y provienen de las grandes fuentes de agua, lo que conducen a la sobreexplotación de los recursos y degradación de la vegetación (Terneus-Jácomé & Yánez, 2018).

#### **2.1.1.6. Funciones del agua**

Rojas-Solano & Brenes-Esquivel (2020), las funciones del agua son las bases principales en la propiedad del agua y se pueden resumir de la siguiente manera:

- Transportan sustancias de nutrientes y desechos
- Suspensión térmica
- Favorece la circulación sanguínea
- Aumenta la elasticidad y resistencia de los tejidos.

- Reactivos importantes en procedimiento metabólicos que dan iones  $H^+$  y  $OH^-$ .

### 2.1.1.7. Agua para consumo humano

A nivel mundial, más de tres millones de niños menores de cinco años fallecen cada año debido a la diarrea ocasionada por bacteria transmitidas a través del agua contaminada (Abarca & Mora, 2007); la contaminación del agua ocurre en todos los ámbitos de la sociedad.

### 2.1.1.8. Características físicas-químicas de las aguas

El carácter físico-químico natural del agua y su distribución hacen de esta especie química la más importante de la vida, ya que desde el punto de vista los procesos naturales tienen lugar entre los elementos que se disuelven en agua (López & Romano, 2018). Las aguas naturales pueden interactuar con diversos factores como el aire, el suelo y la vegetación, mientras actividades humanas pueden cambiar la composición química natural de las aguas (Mylavarapu & Kerr, 2014). En la tabla 1 se muestran los parámetros de control de la calidad de agua, según este autor.

**Tabla 1.** Parámetros de control del agua.

Propiedades del agua	Parámetro de control
Físicos	Características organolépticas, color, olor, sabor, elementos flotantes, temperatura, sólidos, conductividad y radioactividad.
Químicos	pH, carbono orgánico total (COT), nitrógeno y compuestos derivados (amoníaco, nitratos, nitritos, etc.), fósforo y compuestos derivados (fosfatos), aceites y grasas, hidrocarburos y fluoruros, sulfatos y sulfuros, fenoles, cianuros, haloformos, metales, pesticidas.
Gases disueltos	Oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, metano y ácido sulfhídrico.
Biológicos	Coliformes totales y fecales, estreptococos fecales, salmonellas y enterovirus

**Fuente:** Mylavarapu & Kerr (2014)

El agua se evalúa comprobando sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas, es necesario reconocerlos de esa manera general, de modo que sea posible compararlos con los estándares de calidad (Orellana, 2005).

Por la extensa información que se obtiene de los parámetros físico-químicos de la naturaleza y de las especies químicas del agua, además podemos señalar que los métodos

biológicos aportan información, pero no señalan nada acerca del contaminante o de los contaminantes responsables (Samboni et al., 2007).

#### **2.1.1.9. Contaminación del agua**

El agua está contaminada por el uso de productos químicos, por los tratamientos inadecuado en aguas residuales, descargas tóxicas de las actividades mineras y volcánicas; también, las comunidades locales arrojan basura en los ríos, lagos y lagunas (Farias & Pacheco, 2010).

La contaminación comienza con una amplia gama de basura hasta con sustancias químicas invisibles los cuales acaban en lagos, ríos, los cuales amenazan las fuentes de agua potable y muchas otras necesidades que esta con lleva (Nunez, 2023).

Existe una tasa de mortalidad para los niños debido a enfermedades diarreicas, ya que la contaminación de las aguas potables continua en total amenaza, esto afecta constantemente a la salud pública, animal y al medio ambiente (Gómez-Duarte, 2018).

La contaminación del agua, superficial y subterránea, se debe al crecimiento excesivo de las áreas industriales, la escorrentía de pesticidas agrícolas y productos químicos, y los desechos que se generan por la creciente población (Alfie, 2005). En el momento en que el agua entra en contacto con el aire, tierra, incluso con los humanos, estas se contaminan y cambia su composición, por esta razón causan enfermedades y daños a los animales y a los seres humanos (Raffo, 2016).

#### **2.1.1.10. Niveles de contaminación**

Los altos niveles de contaminación del agua dulce plantean un problema de salud pública que afecta no solo a las personas y animales, sino también al entorno natural en su conjunto (Gómez-Duarte, 2018). La contaminación del agua es el principal problema que enfrenta el hombre en la actualidad, se produce tanto en países desarrollados como subdesarrollados, y en todos los segmentos de la población (Guadarrama-Tejas et al., 2016); el ser humano es el principal causante en contaminar el medio ambiente.

#### **2.1.1.11. Principales contaminantes del agua**

En la Tabla 2 se muestra las sustancias más importantes y se encuentran en las aguas contaminadas que afectan a la salud humana.

**Tabla 2.** Principales contaminantes químicos presentes en el agua contaminada

<b>Sustancias</b>	<b>Principales contaminantes</b>	<b>Efectos a la salud humana</b>
Inorgánicas	Arsénico	Cáncer, afecta a la sangre
	Cadmio	Afecciones pulmonares, anemia
	Cromo	Cáncer
	Mercurio	Daño al sistema nervioso
Orgánicas	Benceno	Daño cromosómico, anemia
	Tetracloruro de carbono	Daño al hígado y sistema nervioso
	Cloroformo	Daño al hígado y riñones
	Dioxinas	Daño la piel, cáncer
	Bifenilospoliclorados	Daño al riñón y al pulmón
Microorganismos patógenos	Bacterias, virus, protozoo	Enfermedades como el cólera tífus y hepatitis

**Fuente:** Larramendi et al. (2021)

La contaminación del agua son las descargas de aguas residuales a cuerpos hídricos como aguas residuales, desechos, escorias y relaves mineros que se depositan en aguas superficiales (Chulluncuy, 2011).

## **2.1.2. Cuenca hidrográfica**

### **2.1.2.1. Definición de cuenca hidrográfica**

La cuenca hidrográfica es un área de superficie drenada por un canal de agua o un sistema de arroyos asociados, y tiene una sola salida para todos los flujos de las aguas residuales (Vásquez et al., 2019); el agua de una cuenca hidrográfica suele proceder de la precipitación o de un sistema conectado de cursos de agua (Rodríguez, 2006).

Las cuencas se pueden crear subcuencas con salidas bien definida y con organización jerárquica subdividiendo la escorrentía hacia los ríos principales (Cotler et al., 2020).

### **2.1.2.2. Formación de la cuenca**

La cuenca hidrográfica se desarrolla en la corriente principal y juega un papel importante en el canal de agua que desembocan en el mar y se descargan en el río principal esto se denominan afluentes primarios, y las subsiguientes divisiones se denominan secundarios y terciarios (Ambiente, 2002).



### 2.1.2.3. División de una cuenca

Una cuenca hidrográfica se puede dividir en varios compartimientos en función de la relación entre el drenaje. En la Figura 1, se muestra la ubicación de la red hídrica ya que es importante delimitar los espacios que puede dividir la cuenca, subcuenca y seguido por una microcuenca, se establece que las quebradas son cauces menores (Girón et al., 2004).



**Figura 1.** División de una cuenca geográfica.

**Fuente:** Girón et al. (2004).

Ordóñez (2011) describe que la cuenca consta por una serie de subcuencas o microcuencas; la subcuenca consta de una serie de microcuencas que desembocan en un único canal con caudales fluctuantes; ya que la microcuenca es el sistema del drenaje que conduce el cauce principal de la subcuenca.

### 2.1.2.4. Partes de una cuenca

La cuenca hidrográfica se divide en tres partes: alta (sector donde nace los ríos y se mueven a lo largo de la pendiente), media (el canal de desagüe que arrastra el flujo de agua) y baja (es el material expulsado en la parte superior). En la Figura 2, se muestra el impacto acumulado de la actividad humana en una cuenca.



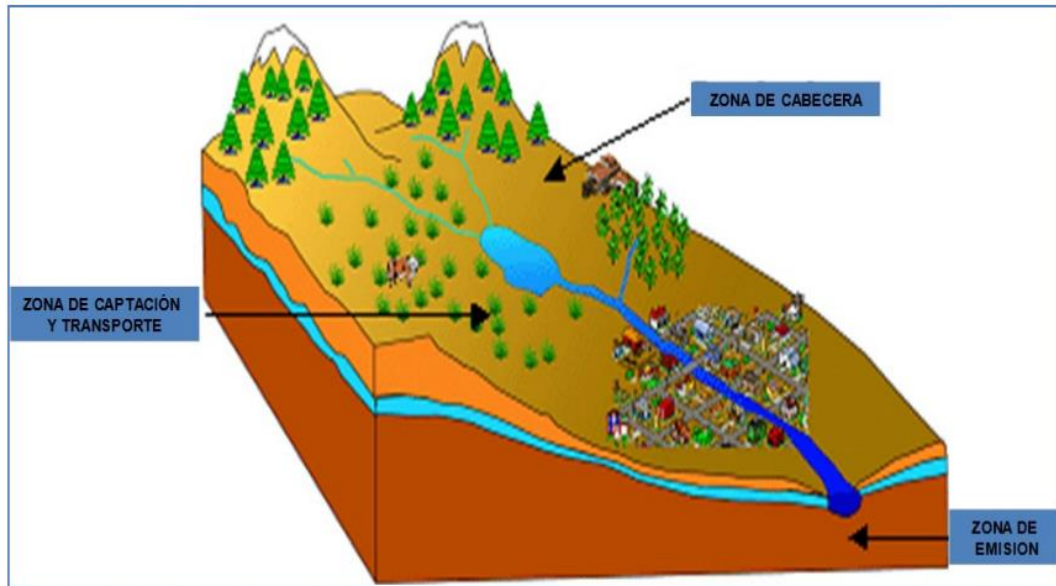
**Figura 2.** Efectos acumulativos de actividades humanas en una cuenca.

**Fuente:** Cotler et al. (2020).

### 2.1.2.5. Zonificación de la cuenca

Pladeyra (2003) las zonas resultan útiles en identificar a cada uno e implementar la delimitación funcional de la cuenca, en la Figura 3, se manifiesta las siguientes zonificaciones:

- Zona de cabecera estas nacen en las corrientes hidrológicas las cuales se encuentran en las partes altas de las cuencas.
- Zona de captación es la parte que se encarga de transportar el mayor fragmento de agua que proviene de la zona cabecera; además, se la pueda considerar como una mezcla de masas que confluyen de forma física-químicas.
- Zona de emisión es la zona que se encarga de llevar el agua hacia una corriente más caudalosa, la cual proviene de las otras dos zonas.

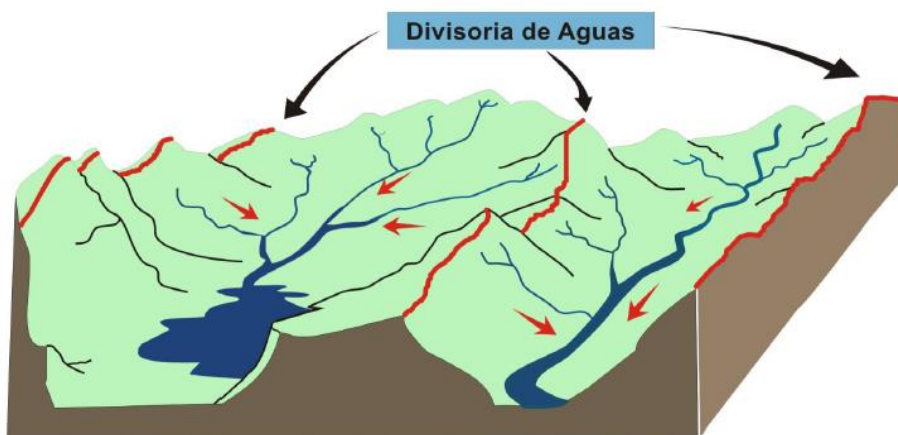


**Figura 3.** Zonificación de la cuenca hidrográfica.

**Fuente:** Pladeyra (2003).

#### 2.1.2.6. Divisorias de aguas

Es una línea imaginaria que separa una cuenca, existen divisoras de aguas a lo largo de la cuenca hidrográfica y cuencas vecinas. El agua que cae en la orilla opuesta de la divisora normalmente desemboca en ríos separados Ordóñez (2011) (Figura 4).



**Figura 4.** Divisoría de aguas

**Fuente:** Ordóñez (2011).

#### 2.1.2.7. Delimitación del ámbito de una cuenca

El análisis territorial de las cuencas hidrográficas situadas dentro de los límites se iniciará por las características de las cuencas y su entorno; la delimitación de cada cuenca hidrográfica ayuda a identificar la línea divisora o cuenca hidrográfica, se traza una línea

divisora a lo largo de la elevación máxima que separa dos cuencas adyacentes (Romero, 2013).

### 2.1.2.8. Funciones de las cuencas hidrográficas

Dentro de una cuenca se encuentra varios componentes que desarrollan un grupo de funciones (Tabla 3).

**Tabla 3.** Funciones de las cuencas hidrográficas

<b>Funciones de la cuenca</b>	<b>Acciones</b>
Componentes Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es un sumidero de CO<sub>2</sub>.</li> <li>- Establecer recarga de agua.</li> <li>- Preservación de la diversidad biológica.</li> <li>- Preservar la diversidad de la tierra.</li> </ul>
Componentes Ecológicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporcionan hábitat para la vida silvestre.</li> <li>- Proporciona hábitat para la vegetación.</li> <li>- Influyen la calidad de agua que son físicas y químicas.</li> </ul>
Componentes Hidrológicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La precipitación se drenan el agua</li> <li>- Recargan las aguas subterráneas y aguas superficiales.</li> </ul>
Componentes Socioeconómicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporciona el recurso natural renovable y no renovable</li> <li>- Proveen los espacios para un desarrollo cultural.</li> </ul>

**Fuente:** Vásquez et al., (2019).

### 2.1.2.9. Actividades de las cuencas hidrográficas

Es un conjunto de actividades encaminadas a identificar y explotar oportunidades tecnológicas y socioeconómico. Controlar la sedimentación mediante la gestión de escorrentía superficial, proteger la biodiversidad y prevenir la erosión aumentando la cobertura del suelo (Pérez & Shinomi, 2010).

Las dinámicas sociohistóricas, la disponibilidad de poblaciones diferentes y la degradación de los ecosistemas que tiene un impacto en los recursos, como bosques, suelos, ríos y recursos hídricos, y en la mayoría se implementan en las cuencas hidrográficas (Rodríguez, 2006).

Los cambios en el uso del suelo y cobertura provocan alteraciones significativas en las áreas de captación de la cuenca hidrográfica y cuerpo de agua. El sistema fluvial a menudo se encuentra en lo que parece en estado estable antes de la intervención humana (Braz et al., 2020).

### 2.1.2.10. Servicios principales de las cuencas hidrográficas

Las cuencas hidrográficas brindan una variedad de importantes servicios relacionados con el agua desde servicios directos que brindan los bienes o productos; también, los servicios de apoyo, servicios de regulación y servicios culturales y recreo (Aguirre, 2011). En Tabla 4, los principales servicios ecosistémicos relacionados en el agua de una cuenca típica:

**Tabla 4.** Principales servicios de la cuenca hidrográfica

<b>Servicios principales</b>	<b>Actividades</b>
Proporcionar servicios	Se centran en el suministro de alimentos y artículos no alimentarios directamente desde los flujos de agua. Acceso de agua dulce. Productividad de los cultivos y frutas. Producción de peces y ganadería. Abastecimiento de materiales de construcción y madera.
Servicios de regulación	Control de flujos o mitigación de riesgos asociados a flujo de aguas. Controlar el caudal de agua (amortiguar derrames, recargar las aguas subterráneas y mantener los flujos base. Preservación en los suelos y controlar la erosión y sedimentación.
Servicios de apoyo	Apoyan el movimiento del hábitat y ecosistemas. Lugar de vida silvestre. Requiere un régimen de flujo para preservar el hábitat y las aplicaciones aguas abajo.
Servicios culturales y de recreo	Servicios de inspiración y recreación. Actividades acuáticas. Armonía del paisaje. Patrimonio e identidad en términos de cultura. Sugestión del arte y espíritu

**Fuente:** Aguirre (2011).

Las cuencas hidrográficas brindan varios servicios ecosistémicos para la salud humana, alimentos, suministro de agua, la calidad de agua; además, regulan el clima y protegen las zonas costeras (Rodríguez & Ramón, 2021).

### 2.1.2.11. Manejo de cuencas hidrográficas

La gestión adecuada de las cuencas puede beneficiar a la sociedad a través de una variedad de bienes y servicios que pueden ser utilizados por las comunidades regionales y/o locales. Dicha gestión es resultado de diferentes funciones de la cuenca hidrológica, como la ecológica, social y económica, que pueden generar problemas de mal funcionamiento

si se alteran o modifican (Romero, 2013). Estas problemáticas existen tres categorías que mencionan algunos riesgos:

- Riesgos naturales: deslaves, desplazamiento de tierra, inundación.
- Disminución potencial productivo: erosión, incendios, quemadas incontroladas, sobre explotación agrícola.
- Enfrentamiento por el uso de recursos: contaminación, eutrofización, uso excesivo de recursos naturales como el suelo, el agua y la vegetación.

#### **2.1.2.12. Deterioro de las cuencas hidrográficas**

La mayoría de las organizaciones institucionales, sociales y productivas han comenzado a reconocer preocupaciones significativas sobre el deterioro de las cuencas hidrográficas, ya sea local, regional, nacional e internacional, cuyas consecuencias inmediatas se manifiestan en erosión, reducción de la productividad y susceptible a ser vulnerable de los recursos hídricos (Sellers et al., 2017).

### **2.1.3. Minería**

#### **2.1.3.1. Historia de la minería**

La minería comenzó alrededor de 3 500 a. C., en la cultura Valdivia, fue la primera civilización en extraer la arcilla para la elaboración de cerámica, en otras culturas se consideran importante por la producción de cerámica ecuatoriana como la Machalilla y Chorrera, mientras a civilización Tolita es conocida por el uso de metales, oro, plata y platino (Estupiñan et al., 2021).

La minería en Ecuador se practica desde los tiempos prehistóricos, las comunidades de la época precolonial extrajeron los recursos como obsidiana mullúmica y arcilla para la cerámica, y extraían metales preciosos como el oro, plata, cobre, platino en los ríos y túneles para la elaboración de rituales, ornamentos o intercambios (Rea, 2017).

#### **2.1.3.2. Desarrollo de la industria minera**

La industria minera ha crecido significativamente en algunos países europeos, y la actividad minera se convierte en uno de los principales proveedores de materia primas, especialmente de minerales metálicos (Cueto, 2016); por ello, la industria contribuye un aumento en los ingresos económicos, mientras que la minería aumenta el turismo y el empleo.

### **2.1.3.3. Definición de minería**

Es una actividad económica consistente en extraer, explotar y utilizar los minerales que se encuentran en el suelo; es la ciencia y operaciones asociadas al descubrimiento y extracción de minerales (Pereyra, 2015).

### **2.1.3.4. Actividad minera**

Las actividades son la minería metálica y no metálica son las extracciones de minerales a través de las minas y estas son transportados al lugar de su beneficio y producción industrial, dependiendo del volumen de extracción, existen pozos de diferentes formas y tamaños en las áreas donde se explotan los recursos minerales (Lavandaio, 2014).

### **2.1.3.5. Fases en la actividad minera**

Leyes y reglamentos de la minería en el Ecuador (2009) indica las principales fases para el desarrollo de un proyecto minero mediante la actividad minera:

Prospección: es la fase donde se busca nuevas áreas mineras.

Exploración: incluye la evaluación económica, forma, tamaño e incremento del yacimiento, tanto en el contenido y calidad del mineral.

Explotación: conjunto de operaciones, trabajos y labores mineros distribuidos a la preparación y el incremento del yacimiento; también, para las extracciones y transportes de minerales hacia las plantas mineras.

Beneficio: evaluar el procesamiento de minerales para mejorar su calidad o contenido útil.

Fundición: es un proceso metalúrgico que se encarga en aislar las impurezas de un metal puro concentrado.

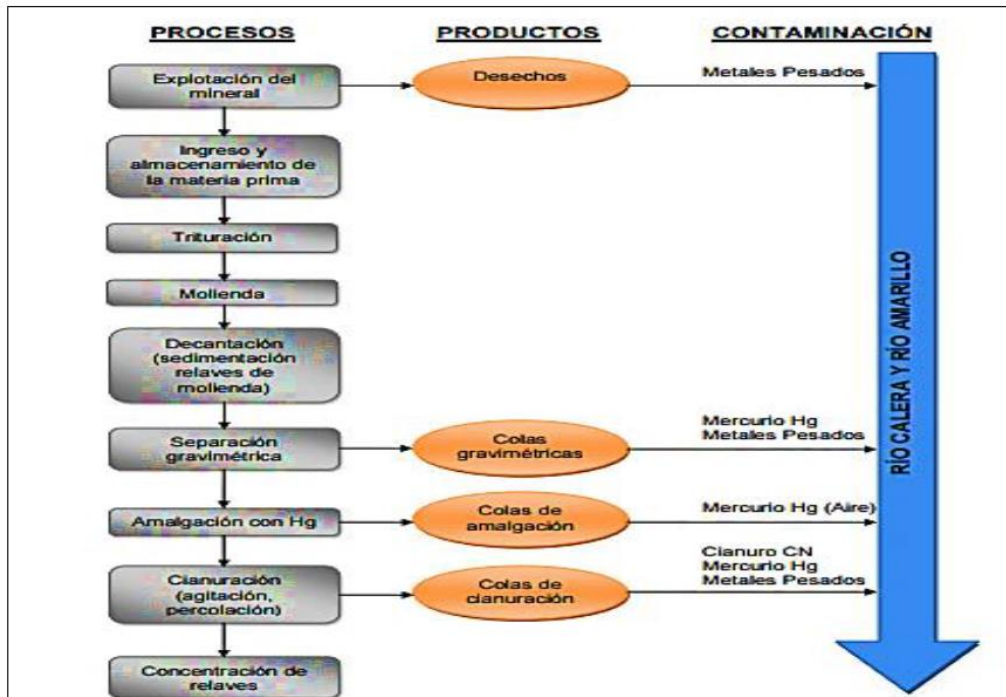
Refinación: Son técnicas destinados en transformar los productos mélicos en metales de alta pureza.

Comercialización: Es la compra-venta de minerales o algún convenio que tenga con la finalidad de negociar cualquier producto que se manifiesta en la actividad minera.

### **2.1.3.6. Procesos mineros**

El proceso minero se utiliza para la adquisición de minerales con valor comercial lo que producen desechos y establece la principal causa de contaminación de suelo con elementos potencialmente tóxicos (Pérez-Martínez & Martín, 2015). En la Figura 5 se

describen las diversas formas del procesamiento de minerales que se realiza en las plantas mineras:



**Figura 5.** Procesamiento que se realiza para la obtención de minerales en las plantas mineras.

**Fuente:** Granda (2017).

### 2.1.3.7. Posicionamiento de las actividades mineras

La minería metálica tiene lugar en diferentes continentes del mundo, excepto en la Antártida, que está prohibida por acuerdos internacionales. Estos países como Canadá, Australia, Sudáfrica, Chile y EE.UU.; son mundialmente reconocidos por su importancia en las actividades mineras globales (Pauca, 2013).

### 2.1.3.8. Zona minera en América Latina

Colombia es un país con oportunidades para invertir en actividades mineras, solo el 3,17% de la tierra se utiliza para la minería, las cuales extraen carbón, metales y acero (Fuentes et al., 2021). Las únicas ciudades con plantas de tratamientos de aguas residuales representan solo el 4% estas provienen de Cañas, Liberia, Santa Cruz, Pérez Zeledón (Calvo & Mora, 2007).

La minería ilegal en Colombia provoca la deforestación, contaminación de los ríos y arroyos, lo que contribuye a las enfermedades entre los trabajadores y las personas cercanas al lugar de explotación (Casadiego et al., 2017); el mal manejo de los relaves



mineros pueden tener impactos contaminantes en la salud del ser humano (Menéndez & Muñoz, 2021).

Perú es claramente un país propenso a la contaminación ambiental del agua, producto de la minería organizada e informal de los productos residuales de esta actividad (Astete et al., 2009). El agua contaminada con sustancias infecciosas o químicas perjudica la salud de la población (Gonzales et al. 2014).

La disposición de residuos mineros en el Perú ha causado gran debate y creado una imagen negativa debido al impacto ambiental que provoca la contaminación de aguas o sistemas subterráneos (Villena, 2018).

Ecuador existe un crecimiento de la minería legal e ilegal, lo que provoca un aumento en la actividad metalúrgica, ya que tiene un impacto significativo en los recursos hídricos, las actividades se concentra en la cuenca alta del río Puyango (Cuenca et al., 2019).

En la provincia de El Oro existen más de 110 pequeñas plantas procesadoras que extraen de 9 a 10 toneladas por año (Davée et al., 2011); estas pequeñas plantas desempeña un papel significativo en la economía local.

#### **2.1.3.9. Explotación minera**

La explotación minera está asociada a la contaminación de suelos y aguas, la cual se ve afectada por la presencia de relaves, residuos orgánicos y materiales extraídos por minerales contaminantes con altas concentraciones de cianuro y mercurio (Ministerio del ambiente, 2016); la calidad de vida y el desarrollo económico no se pueden imaginar sin la minería.

#### **2.1.3.10. Aspectos problemáticos de la minería**

Paucay (2013), indica que la extracción de materiales de construcción puede acarrear diversos problemas que están asociados con esta actividad minera son:

- La economía puede depender en gran medida del sector de la construcción.
- Si los precios de materiales son bajos, se necesitará extraer grandes volúmenes para mantener la rentabilidad.
- Pueden generar molestias y problemas para la comunidad como ruido y contaminación ambiental.

## **2.2. Antecedentes de contaminación minera**

### **2.2.1. Estudios de la minera en el mundo**

Pu et al. (2019) realizaron estudios en la cuenca del río Xiaojiang en suroeste de China, en determinar los metales pesados por los efectos de la minería; recolectaron y analizaron muestras de agua en el río; las concentraciones de Cu 53,82 ug/L, Zn 563,61 ug/L y Cr 25,39 ug/L en el agua se encontraron por debajo del límite permisible para la calidad de agua superficial por los Estándares nacionales de calidad Ambiental de China; sin embargo, en Pb 98,30 ug/L tuvo mayor concentración máxima permisible de la Norma Nacional de China; indicaron que el índice integrado de contaminación y el índice de salud de número que la mitad del río que está cerca de la zona minera era el sitio más contaminado.

(Ramani et al., 2014) indicaron la caracterización del agua superficial en la región minera del noroeste de Macedonia; en el río Zletovska en otoño se encontraron en Cd 2,0 ug/L, Mn 2,5 mg/L y Zn 1,5 mg/L; en el río Kriva alcanzaron mayores concentraciones de Cd 0,270 ug/L y Pb 1,85 ug/L en primavera debido a la mayor descarga de agua, ya que estos ríos son de las manzanas más graves para los ecosistemas de agua dulce.

Cacciuttolo & Cano (2022) demostraron la evaluación del impacto ambiental por los relaves mineros en estudio de casos en los países Andinos de Chile y Perú, estos estudios corresponden a los derrames de relaves por la extracción de Au y Ag en metales preciosos, y en metales pesados como el Cu, Pb y Zn que están presentes en la minería chilena y peruana, y que estos impactos son causados por los derrames.

### **2.2.2. Estudios de minería en Ecuador**

Marshall et al. (2018) evidenciaron que a lo largo del río Puyango-Tumbes utilizan una combinación de cianuración de mercurio y minerales polimetálicos para el procesamiento de oro. La mayor concentración de mercurio total se encontró dentro de un tramo de 40 km río abajo desde las plantas de beneficio, con un valor entre 0,78 y 30,8 mg/kg durante en época seca y 1,80-70,7 mg/kg durante la estación húmeda. La mayoría de las aguas que son recolectas en el río Puyango-Tumbes presentaron altas concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc.

Garcia et al. (2012) demostraron que los resultados de la minería tienen un impacto en la contaminación del río Puyango, que comenzó por sus afluentes los ríos Calera y Amarillo, ya que las plantas de beneficio emiten metales pesados; son las que tiene mayor

concentración en arsénico, mercurio, magnesio y plomo, donde se detectan en los puntos que corresponde a la zona minera según su estudio.

Tarras-Wahlberg et al. (2001) indicaron que la minería en Portovelo-Zaruma causaron impactos ambientales, que está relacionados por las descargas de cianuro, mercurio a los ríos en la cuenca de Puyango indicando que la metilación como la bioacumulación de mercurio está ocurriendo en esta cuenca, ya que que los niveles de mercurio se extendieron los 0,5 mg/kg.

Appleton et al. (2001) demostraron que la minería artesanal de oro en las áreas de Ponce Enrique, Portovelo-Zaruma y Nambija que ocasionan una extensa contaminación del ambiente por mercurio y metales pesados como el As, Cd, Cu, Pb y Zn. Las concentraciones de mercurio no exceden al valor de referencia de agua potable de OMS; en Ponce Enrique se exceden por un amplio margen en As, Cu y Zn; mientras, en Portovelo-Zaruma (Cd, Cu Zn); que las aguas contaminadas no sean utilizadas para las plantaciones comerciales de banano.

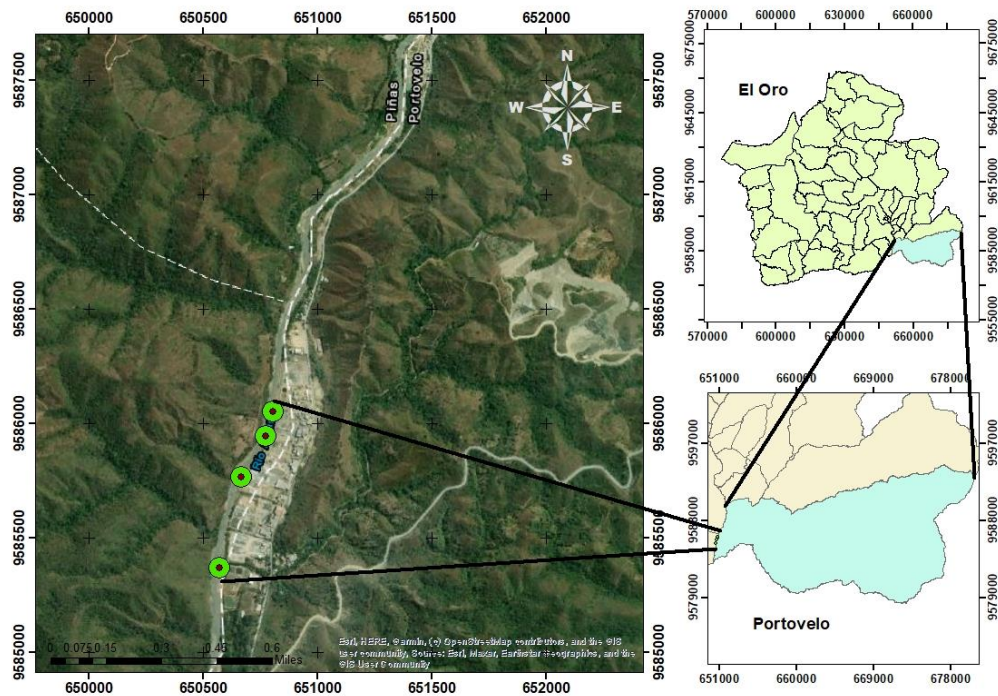
## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Materiales

##### 3.1.1. Área del estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la cuenca del río Amarillo perteneciente al cantón Portovelo en la provincia de El Oro, situado en las coordenadas: Latitud:  $3^{\circ}43'17''$  S, longitud:  $79^{\circ}37'18''$  W, a una altitud de 608 msnm (Figura 6).



**Figura 6.** Ubicación geográfica de los puntos de muestreo de la investigación.

**Fuente:** Google earth (2023).

##### 3.1.2. Materiales oficina´

Cuaderno

Lapicero

Carpeta

Computadora

Programa SPSS

Impresora

Hoja papel bond

### 3.1.3. Materiales de campo

Libreta de campo

Botella plástico 500 ml

Balde

GPS

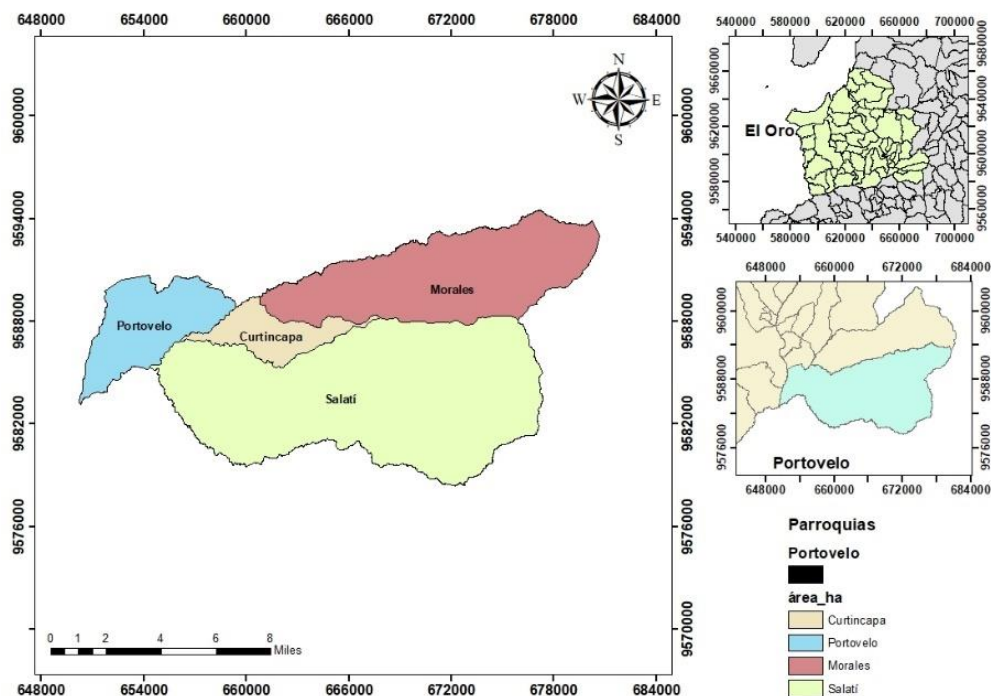
Piola

Lapiceros

Cámara digital

### 3.1.4. Características del área de estudio

Portovelo es una área rica en recursos minerales, ubicada en la estribación occidental de la Cordillera de los Andes, al pie de la Cordillera de Vizcaya, cruzando el río Amarillo, se encuentra al sur de la provincia de El Oro (GAD, 2019) (Figura 7).



**Figura 7.** Mapa de división política del cantón Portovelo.

**Fuente:** Municipio de Portovelo (2023).

En la tabla 5, se ubican los límites fisiográficos del cantón Portovelo.

**Tabla 5.** Límites fisiográficos del cantón Portovelo.

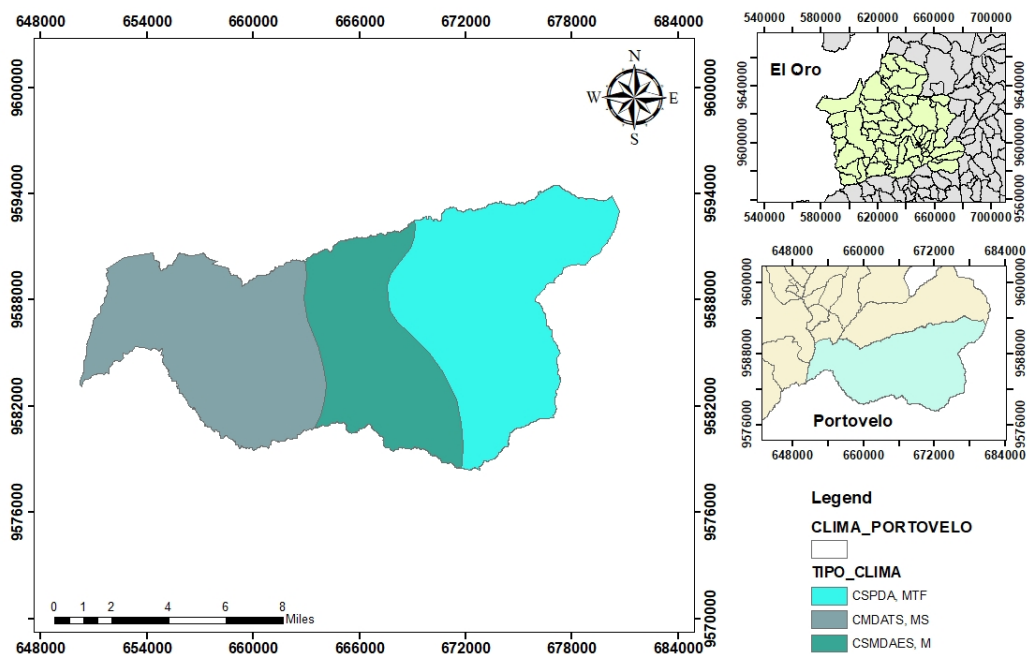
Punto cardinal	Límite fisiográfico
Norte	Con el cantón Zaruma.
Sur	Con la provincia de Loja (cantones de Chaguarpamba y Catamayo).
Este	Con la provincia de Loja (cantones de Loja y Saraguro).
Oeste	Con el cantón Piñas.

**Fuente:** GAD (2019).

### 3.1.4.1. Clima del cantón Portovelo

En el cantón Portovelo se presentan tres tipos de clima (Figura 8).

- Clima subhúmedo con pequeño déficit de agua, Mesotérmico templado frío (CSPDA, MTF).
- Clima con moderado déficit de agua en la temporada seca, Mesotérmico semicálido (CMDATS, MS).
- Clima subhúmedo con moderado déficit de agua en época seca, Megatérmico (CSMDAES, M).



**Figura 8.** Mapa climático del cantón Portovelo.

**Fuente:** Municipio de Portovelo 2023.

**Temperatura:** En el Cantón Portovelo la temperatura promedio depende de la estación, en junio a noviembre (en verano) y diciembre a mayo (invierno). En las zonas altas la temperatura es de 11 °C a 15 °C; mientras en las zonas bajas sitúan entre 16 °C a 23 °C (GAD, 2019).

**Precipitación:** La precipitación anual del estado varía de un mínimo de 900 mm a un máximo de 2 200 mm; con una precipitación media anual de 1 550 mm (GAD, 2019).

**Humedad:** La humedad se mantiene en un rango del 40% al 50% (GAD, 2019).

**Viento:** La dirección del viento es norte a sur con una velocidad mínima de 6,5 m/s y una máxima de 12 m/s (Aguilar, 2016).

### 3.1.4.2. Suelo del cantón Portovelo

El 90% de los suelos del cantón Portovelo es arcilloso, un 2% es rocoso y un 8% arenoso se encuentran en la ribera río amarillo, se predominan los Andisoles e Inceptisoles con un porcentaje de 85,9%. Los Andisoles son suelos de origen volcánicos (ceniza, piedra pómez, lava) con un alto contenido de materia orgánica y se caracterizan por la presencia de horizonte Ándico; los Inceptisoles son suelos jóvenes y poco desarrollados (GAD, 2019) (Tabla 6).

**Tabla 6.** Órdenes de suelos en el cantón Portovelo.

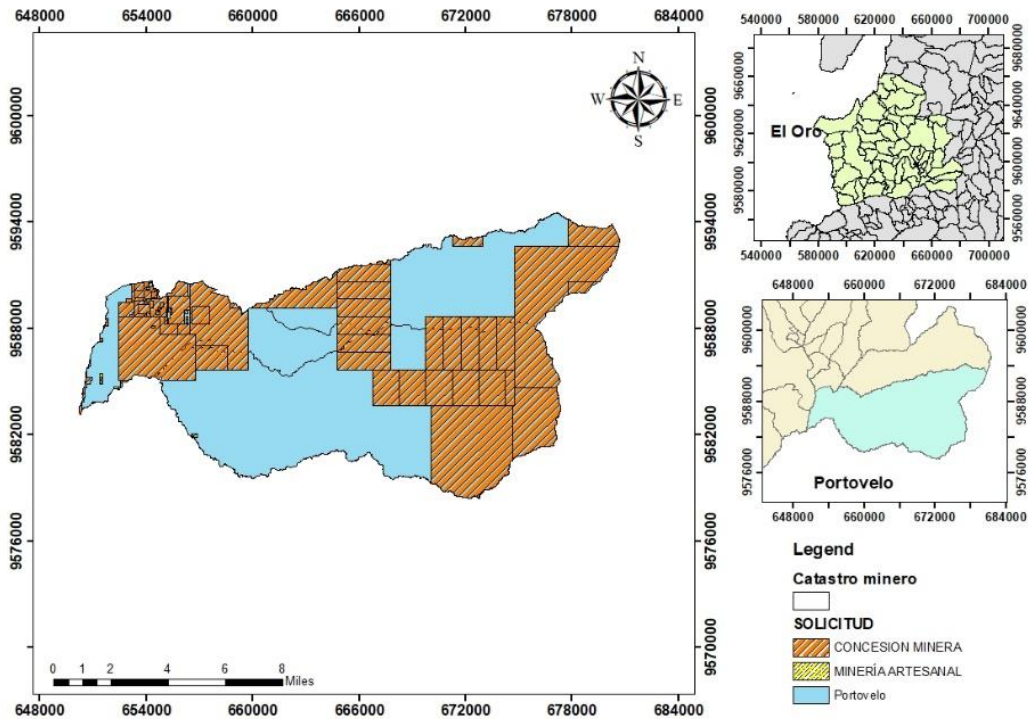
Orden de suelo (SSS-USA, 2006)	Superficie (ha)	%
Andisoles	12483,56	43,93%
Inceptisoles	11925,51	41,97%
Molisoles	2214,74	7,79%
Ultisoles	272,61	0,96%
Entosiles	169,39	0,60%
Tierras misceláneas	1348,23	4,74%
<b>Total</b>	<b>28414,05</b>	<b>100,00%</b>

**Fuente:** Portal de datos, SIGTIERRAS-MAG (2017).

### 3.1.4.3. Catastro minero en el cantón Portovelo

En el cantón Portovelo existen 85 concesiones en trámite e inscritas las cuales abarcan 21 989,31 ha, lo que representan el 76,35 % del total de territorio. En Anexo 1, indican los datos obtenidos por el censo minero artesanal demuestran que existen 26 ha y en las concesiones minera en 2 972,44 ha.

En el cantón Portovelo existen dos tipos de catastro minero, entre ellos son: la concesión minera y la minería artesanal (Figura 9).



**Figura 9.** Catastro minero del cantón Portovelo.

**Fuente:** Castro minero del Municipio Portovelo (2023).

### 3.2. Metodología

Para el desarrollo de la investigación se efectuó con el siguiente procedimiento metodológico, como se indica a continuación:

#### 3.2.1. Toma de muestras

Las tomas de muestras de las cuatro plantas de tratamiento se efectuaron en dos frecuencias, la primera se efectuó en enero y segundo en mayo, cada frecuencia se tomaron 12 puntos muestreo la misma que se efectuaron tres muestras en cada planta minera de su efluente que descargan el cuerpo hídrico del río Amarillo. Cada punto de muestro de tener una distancia de 20 metros aprox.

La muestra recolectada se tomó a las 10 am para luego ser enviado al laboratorio NemaLab, en recipiente cubo volumen 500 ml, para luego ser transportadas al laboratorio, para su respectivo análisis.



### **3.2.2. Control de parámetro**

Los controles de parámetro que se realizó en el laboratorio Nemalab fueron físicos (color, turbidez), químicos (dureza, pH, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, P, K, Ca, Mg, SO<sub>4</sub>, Fe, Mn, CO<sub>3</sub>, Cl<sup>-</sup>, ALCAL, STD) y metales pesados (Cu y Zn).

### **3.2.3. Diseño del estudio**

- Estudio observacional, ya que se enfocaron en la observación y recopilación de datos sin intervenir o manipular las variables de estudio. Es prospectivo porque se tomó los datos respectivos de cada variable a medida que ocurre en el procedimiento del estudio.
- Es descriptivo debido a que se caracterizó las propiedades físicas, químicas y metales pesados del agua; y relacional ya que se intentó conocer la influencia del vertimiento de aguas de las plantas de beneficio que realizan actividades mineras en la cuenca del río Amarillo en el cantón Portovelo.
- Es longitudinal debido a que se realizó dos mediciones (enero y mayo) en las unidades de estudio (agua del río Amarillo).

### **3.2.4. Enfoque de la investigación**

En el presente trabajo se diseñó mediante el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, debido a que para responder la hipótesis planteada se aplicó el procedimiento estadístico.

### **3.2.5. Población, muestra y muestreo**

La población objeto de estudio se encuentra conformada por el cuerpo hídrico de la cuenca hidrográfica del río Amarillo perteneciente al cantón Portovelo, donde se recolectó 12 muestras de agua de manera aleatoria en cuatro puntos donde se vierte aguas procedentes de las plantas mineras a lo largo de la cuenca del río Amarillo (Planta Beneficio Centenario, Planta Beneficio León, Planta Beneficio Aguilar y Planta Oro metal oromet), se tomó tres muestras en cada planta minera. En dos momentos al inicio del periodo lluvioso (enero) y al final de periodo lluvioso (mayo).

### **3.2.6. Variables a medir**

La metodología utilizada en análisis químicos de agua para consumo humano, el Ministerio de Ambiente, máximo organismo regulador ambiental, indica que los análisis

de agua deben ser a través de laboratorios acreditados por la Servicio de acreditación del Ecuador SAE (Tabla 7):

**Tabla 7.** Metodología de análisis de los parámetros físico y químicos en el agua del río Amarillo.

<b>Análisis de parámetro</b>	<b>Unidades de medidas</b>	<b>Metodología</b>
<b>Análisis físico</b>		
Dureza	mg/l	Cálculo con valores de Ca y Mg
Color	UTC	método 120-
<b>Análisis químicos</b>		
Turbidez	NTU	método 750-
pH		Lectura directa (cada uno con su respectivo electrodo)
Nitratos	mg/l	método 371-espectrofotometría uv/vis
Nitritos	mg/l	método 355- espectrofotometría uv/vis
Fósforo	mg/l	método 490-espectrofotometría uv/vis
Potasio	mg/l	espectrofotometría de absorción atómica
Calcio	mg/l	espectrofotometría de absorción atómica
Magnesio	mg/l	espectrofotometría de absorción atómica
Sulfato	mg/l	método turbidimétrico y lectura por espectrofotometría uv/vis
Zinc	mg/l	espectrofotometría de absorción atómica
Cobre	mg/l	espectrofotometría de absorción atómica
Hierro	mg/l	espectrofotometría de absorción atómica
Manganeso	mg/l	espectrofotometría de absorción atómica
Carbonato	mg/l	titulación, relación ácido-base
Cloruro	mg/l	titulación, relación ácido-base
Alcalinidad	mg/l	titulación, relación ácido-base
STD	mg/l	Lectura directa (su respectivo electrodo)

En el protocolo de las tomas de muestras de aguas residuales indican los instructivos en la Tabla 8:

**Tabla 8.** Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales.

<b>Normas generales</b>	<b>Instructivos</b>
1	Los envases para la recogida de las muestras deben estar limpios y secos. Se rotularán con etiqueta indicando: número/nombre de la muestra, fecha y hora.
2	En general se utilizarán envases de plástico de politetrafluoretileno o polietileno. Solo para el caso del análisis de compuestos orgánico volátiles se utilizarán envases de vidrio.
3	Antes de llenar el envase con la muestra, hay que lavarlo 2 o 3 veces con el agua que se va a recoger, a menos que el envase contenga conservante o colorante.
4	Debe llenarse el envase dejando un pequeño espacio para la posible expansión térmica
5	Algunos parámetros deben determinarse “In situ”, pues sus propiedades varían indefectiblemente a los pocos minutos de la toma de muestras: caudal, gases disueltos, temperatura, desinfectante (hipoclorito) y pH.
6	Se completarán todos los campos tanto del volante de petición como del documento de transporte de muestra
7	Asegurarse de que la muestra está completamente cerrada volteando la misma y observando que no existen pérdidas.

**Fuente:** Instituto de Toxicología de la Defensa. (2016)

Normas INEN 1 108:2006 establece el criterio de calidad de agua para el sistema de abastecimiento de agua para el consumo humano (Tabla 9).

**Tabla 9:** Criterio de calidad de agua de consumo humano según el INEN 1 108:2006

<b>Parámetro</b>	<b>Valor Máximo Permisible</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor Máximo Permisible</b>
pH	6,5 – 8,5	Color	15 UTC
Nitratos	10 mg/l	Fe	0,3 mg/l
Nitritos	0 mg/l	Zn	3 mg/l
Ca	70 mg/l	Cloruros	250 mg/l
P y Mn	0,1 mg/l	Cu	1,0 mg/l
Mg	30 mg/l	Dureza	300 mg/l
K	20 mg/l	Turbidez	5 NTU
Sulfatos	200 mg/l	STD	1000 mg/l

**Fuente:** NemaLab (2023).

Las variables consideradas en el presente estudio se operacionalizan a partir de sus indicadores, dato final de medición (DFM) y tipo de variable (Tabla 10).

**Tabla 10.** El cuadro de operacionalización de variables.

Variable	Indicadores	DFM	Tipo de variable
Plantas mineras	Nomenclatura de identificación	Planta minera 1, 2, 3 y 4	Categórica Nominal
Momento de medición	Antes y final del periodo lluvioso	Enero/2023 Mayo/2023	Categórica Ordinal
pH	Análisis de laboratorio	7,50	Numérica continua
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	Análisis de laboratorio	2,70 mg/l	Numérica continua
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	Análisis de laboratorio	0,106 mg/l	Numérica continua
Fósforo (P)	Análisis de laboratorio	3,90 mg/l	Numérica continua
Potasio (K)	Análisis de laboratorio	3,52 mg/l	Numérica continua
Calcio (Ca)	Análisis de laboratorio	1,80 mg/l	Numérica continua
Magnesio (Mg)	Análisis de laboratorio	0,12 mg/l	Numérica continua
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	Análisis de laboratorio	3,29 mg/l	Numérica continua
Zinc (Zn)	Análisis de laboratorio	0,01 mg/l	Numérica continua
Cobre (Cu)	Análisis de laboratorio	0,00 mg/l	Numérica continua
Hierro (Fe)	Análisis de laboratorio	0,05 mg/l	Numérica continua
Manganeso (Mn)	Análisis de laboratorio	0,06 mg/l	Numérica continua
Carbonato (CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Análisis de laboratorio	0 mg/l	Numérica continua
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	Análisis de laboratorio	109,90 mg/l	Numérica continua
Alcalinidad (ALCAL)	Análisis de laboratorio	61	Numérica continua
Dureza (mg/l)	Análisis de laboratorio	4,99 mg/l	Numérica continua
Sólido totales disueltos (STD)	Análisis de laboratorio	26,38 mg/l	Numérica continua
Color (COL)	Análisis de laboratorio	27 Pt-Co	Numérica continua
Turbidez	Análisis de laboratorio	259 FTU	Numérica continua

### 3.2.7. Procedimientos estadísticos

La descripción estadística de las propiedades físicas (color, turbidez) y químicas (dureza, pH, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, P, K, Ca, Mg, SO<sub>4</sub>, Fe, Mn, CO<sub>3</sub>, Cl<sup>-</sup>, ALCAL, STD) y metales pesados (Cu y Zn), se realizó mediante el cálculo de medidas de resumen de datos, entre las que se encuentran medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y dispersión (varianza, desviación típica o estándar, error típico estándar de la media y coeficiente de variación).

El comportamiento de las variables de estudio en comparación con los límites máximo permisible de la norma ecuatoriana se muestra mediante diagramas de caja y sesgos agrupados.

Para conocer si se presenta o no diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras en función de las propiedades físicas y químicas del agua se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor intergrupos previo cumplimiento de los supuestos de

normalidad de datos, homogeneidad de varianza e independencia de residuos o errores. En caso de presentarse diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras se aplicó la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan, para establecer entre cuales se presentan diferencias o similitudes.

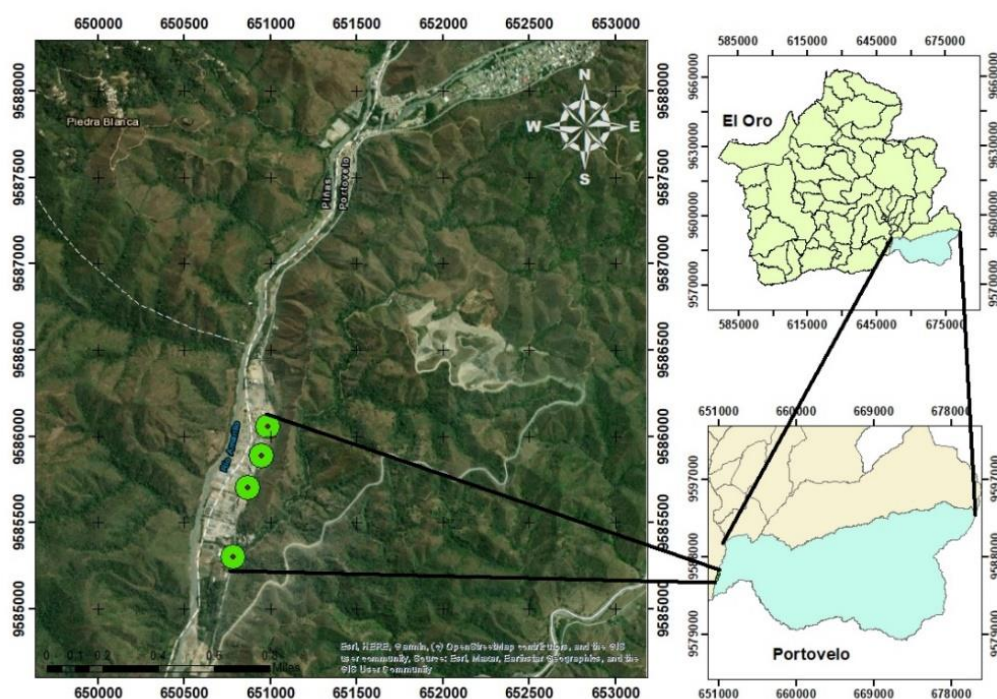
Los datos obtenidos fueron procesados mediante la utilización del software estadístico SPSS versión 22 de prueba para Windows y una confiabilidad de estimación del 95% ( $\alpha=0,05$ ).

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Ubicación de actividades mineras en el río Amarillo

En el mapa temático (Figura 9) se puede observar los puntos donde se realizan las actividades y donde se vierten los desechos líquidos provenientes del proceso de extracción de metales preciosos (oro y plata) en las riberas del río Amarillo (Figura 10).



**Figura 10.** Ubicación geográfica de las actividades mineras en la cuenca del río Amarillo.

#### 4.1.1. Ubicación de los puntos de las actividades mineras

En la Tabla 11 se muestra los datos de las coordenadas geográficas UTM (latitud, longitud); así como la altitud de los puntos alrededor del río amarillo donde se realiza las actividades mineras en la cuenca río Amarillo del cantón Portovelo sector Pache.

**Tabla 11.** Coordenadas geográficas de las plantas mineras que se encuentra en el río Amarillo.

<b>Planta beneficio</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>
PLAMI1 Beneficio Centenario	650783	9585300	3°43'17" S	79°38'31,9" W	571 m
PLAMI2 Beneficio León	650945	9585886	3°44'38,4" S	79°38'26,7" W	577 m
PLAMI3 Beneficio Aguilar	650984	9586052	3°44'33,0" S	79°38'25,4" W	579 m
PLAMI4 Oro metal Oromet	650870	9585699	3°44'44,5" S	79°38'29,1" W	577m

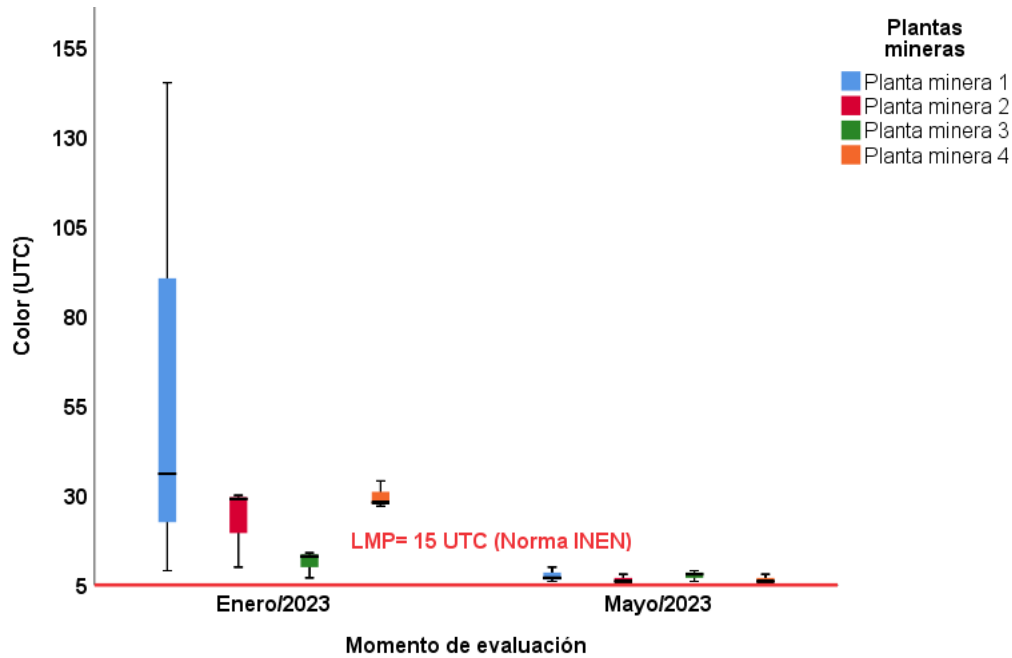
## 4.2. Comportamiento de las propiedades físicas y químicas

### 4.2.1. Parámetro físico

#### 4.2.1.1. Color del agua

En áreas de vertimiento de residuales derivados de las plantas mineras en enero de 2023, el color del agua manifestó los mayores valores en PLAMI1 ( $\bar{X}=63,3$  UTC $\pm 72,0$  UTC), seguido en PLAMI2 ( $\bar{X}=23,0$  UTC $\pm 11,3$  UTC), PLAMI4 ( $\bar{X}=29,7$  UTC $\pm 3,8$  UTC), superiores al límite máximo permisible (15 UTC), demostrándose que en esta área presentaron una alta concentración de hierro y magnesio; el factor que afecta el color es la turbidez, en exceso aumentaría su valor de contaminación y esto causaría problemas a la salud humana como la intoxicación, diarrea y malnutrición. En PLAMI3 ( $\bar{X}=11,3$  UTC $\pm 3,8$  UTC) están por debajo del LMP, podría convertirse en un problema en el futuro si los derrames persisten debido a la liberación de aguas contaminadas.

En mayo los valores de las plantas mineras están por encima del LMP; pueden estar asociados con la ocurrencia de precipitaciones y al arrastre que se realiza aguas abajo (Figura 11).



**Figura 11.** Caracterización del color del agua (UTC) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

En época de inicio (enero) y final de las lluvias (mayo) el color del agua presentó valores por encima del límite máximo permisible (15 UTC) por la Norma INEN ecuatoriana, en el PLAMI3 (63,3 UTC en enero) adquirieron valores inferiores a lo destacado por Torres et al. (2010) en un estudio desarrollado en el río Cauca-Colombia, alcanzaron valor en antes de Suarez (26,98 UTC), Paso la Balsa (34,66 UTC), Hormiguero (46,80 UTC), antes del Canal Sur (46,30 UTC) y en Bocatoma (38,27 UTC); en este caso demuestra un una alta concentración de color de agua, que causa daños al ser humano.

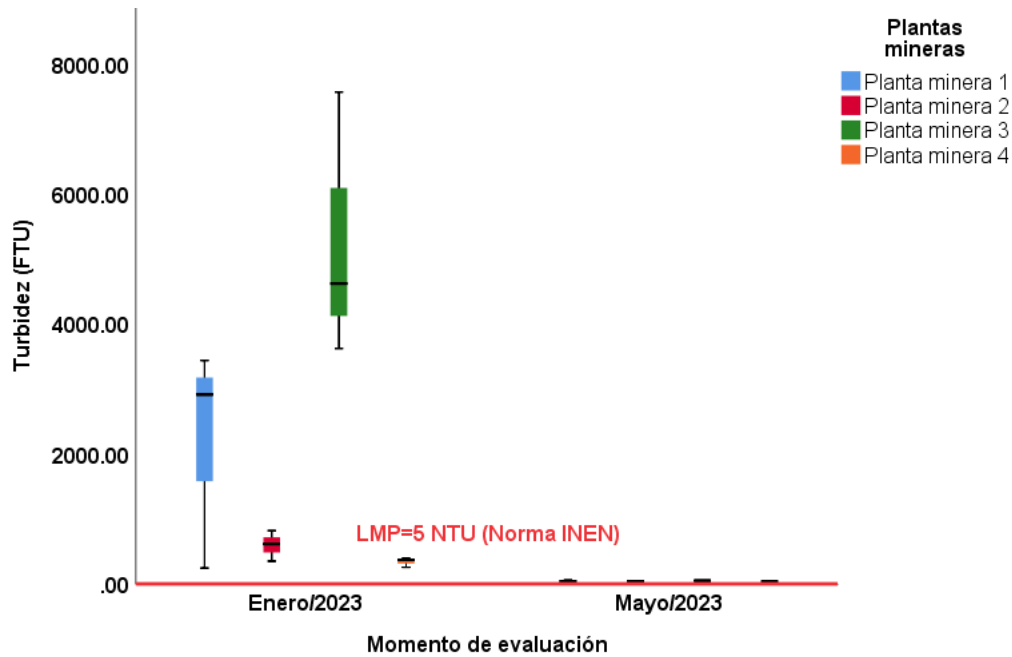
#### 4.2.1.2. Turbidez del agua

En enero de 2023 la turbidez del agua en áreas de descarga de residuales procedentes de las plantas mineras mostró los mayores valores en PLAMI3 ( $\bar{X}=5279,0$  NTU  $\pm 2051,9$  NTU), superiores al LMP (5 NTU); presentan una alta concentración de turbidez, causan serios problemas en el ecosistema, en las actividades mineras y petroleras acelera el proceso de erosión del suelo, y la escorrentía superficial incrementa la cantidad de sedimentos; ocasionan enfermedades intestinales a los seres humanos. En PLAMI1 ( $\bar{X}=2204,3$  NTU  $\pm 1712,6$  NTU) los valores están por encima del LMP, constituye un problema a futuro por los derrames de vertimientos de aguas contaminadas; en PLAMI2



y PLAMI4 se encuentran por encima del LPM; evidenciándose una afectación generalizada en el área de estudio.

En mayo la turbidez en las plantas mineras alcanzó valores por encima del LMP; puede estar asociada por la presencia de contaminantes con el proceso de lavado del suelo y obtención de metales preciosos (Figura 12).



**Figura 12.** Caracterización de la turbidez del agua (NTU) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

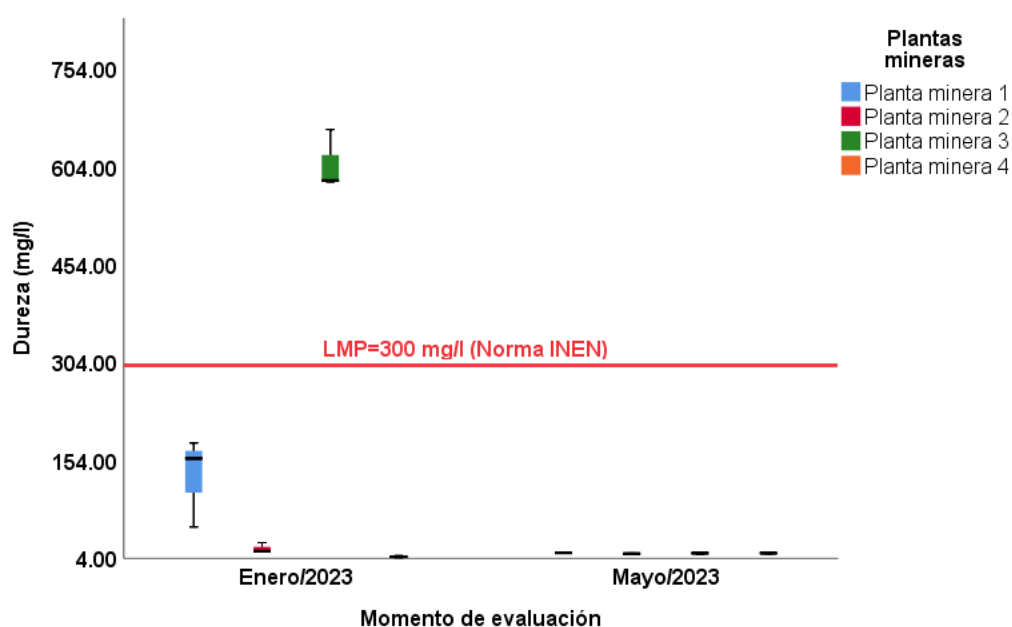
Los resultados obtenidos en la turbidez del agua en época de inicio de lluvias (enero) y al final de lluvia (mayo) en el presente estudio se encuentran por encima del intervalo permisible (5 NTU) por la Norma INEN 1 108:2006 ecuatoriana; sin embargo, en PLAMI3 (5279,0 NTU en enero) adquirieron valores superior a los detectados por Pauta et al. (2019), en un estudio realizado en la ciudad de Cuenca, con el objetivo de evaluar la calidad de agua en los diferentes ríos ocasionada por la descarga de aguas residuales, las cuales alcanzaron valores máximos de 70,4 NTU en Tarqui, 163 NTU en Yanuncay, 163 NTU en el río Machángara y 104 NTU en Tomebamba; en este caso, afectan la salud humana ocasionando problemas gastrointestinales.

## 4.2.2. Parámetro químico

### 4.2.2.1. Dureza del agua

En enero de 2023 la dureza del agua en áreas de vertimiento de residuales procedentes de las plantas mineras mostró los mayores valores en PLAMI3 ( $\bar{X}=609,1$  mg/l $\pm$  45,8 mg/l), superiores al LMP (300 mg/l), evidenciándose que en esta área de la cuenca hidrográfica del río Amarillo se presentó una alta concentración de minerales, principalmente de calcio y magnesio. En exceso de dureza puede secar ligeramente la piel y cabello de las personas. En PLAMI1 ( $\bar{X}=130,0$  mg/l $\pm$  68,5 mg/l) presentan valores debajo del LMP, puede constituir un problema a futuro de mantenerse los derrames por los vertimientos de aguas contaminadas. En PLAMI2 y PLAMI4 los valores se encuentran por debajo del LMP, la actividad minera en esas áreas no causa problemas.

En mayo los valores de las plantas mineras se encuentran por debajo del LMP; esto puede estar asociados con la ocurrencia de precipitaciones en días anteriores, las cuales arrastran aguas abajo (Figura 13).



**Figura 13.** Caracterización de la dureza del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

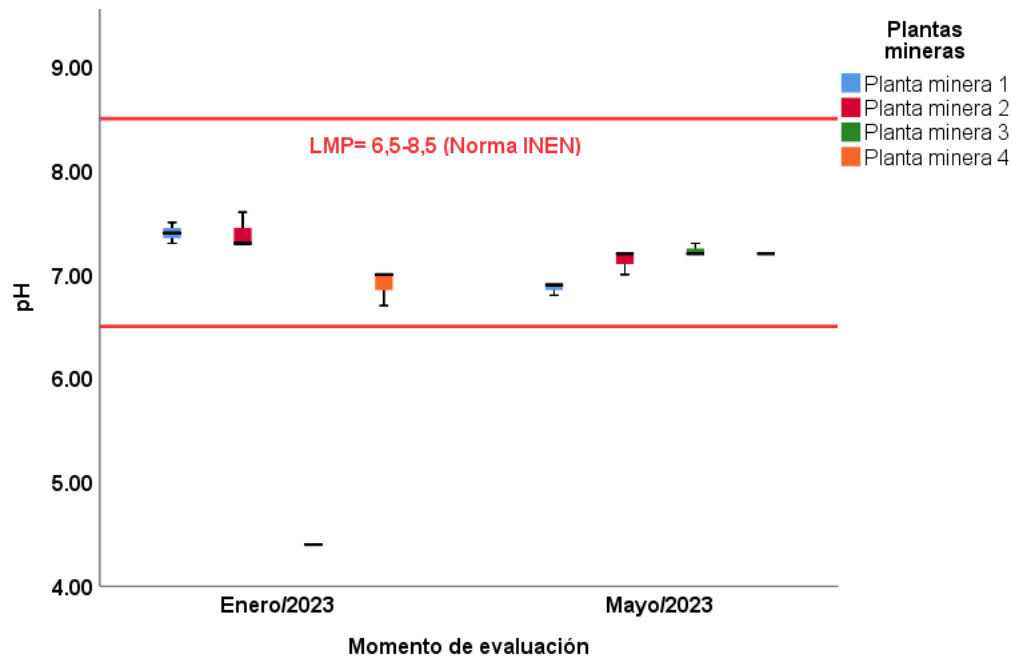
Los resultados de dureza del agua en la época de inicio de lluvias (enero) y al final de la lluvia (mayo), en el presente estudio, se encuentran por debajo del intervalo permisible (300 mg/l) por la Norma INEN 1 108:2006 ecuatoriana; excepto en el área de incidencia de residuos de las extracciones mineras en PLAMI3 donde la dureza es mayor a 609,1

mg/l en enero, diferente a lo obtenido por Brousett-Minaya et al. (2021) en un estudio desarrollado en la Región Puno-Perú, con el objetivo de demostrar el nivel de contaminación causada por la minería, mediante la medición de parámetros físico-químicos (metales pesados y sedimentos) en época de lluvia y estiaje en las lagunas Cumunni y Lunar, en las cuales se alcanzaron valores promedio de 231,53 mg/l y 339,67 mg/l en época de estiaje y 321,27 mg/l y 469,09 mg/l en época lluvia, respectivamente. Rodríguez et al. (2022) en un estudio desarrollado en la provincia de Cotopaxi con el objetivo de evaluar la calidad de agua de la acequia Tilipulo, obtuvieron una media de 239,05 mg/l de dureza similares a lo alcanzado en PLAMI1 ( $\bar{X}$ =130,0 mg/l en enero) e inferiores al valor observado en PLAMI3 (609,1 mg/l en enero); en este último caso se presenta un impacto negativo en el medio ambiente, ya que puede influenciar la movilidad de contaminantes a través del suelo y afectando la disponibilidad de los cultivos.

#### **4.2.2.2. pH del agua**

En áreas de descarga residuales derivados de las plantas mineras en enero de 2023, indicó los mayores valores en PLAMI1 ( $\bar{X}$ =7,4 mg/l $\pm$ 0,1 mg/l) y PLAMI2 ( $\bar{X}$ =7,4  $\pm$ 0,2), dentro del límite máximo permisible (6,5–8,5), evidenciándose que presentaron una concentración de iones de hidrógeno en el agua, el exceso causa alteración al organismo, irritación a la piel y enfermedades como la hipertensión e inflamación de organismos en el sistema digestivo. PLAMI4 ( $\bar{X}$ =6,9  $\pm$ 0,2); aún se encuentran dentro del LMP. Sin embargo, en PLAMI3 ( $\bar{X}$ =4,4  $\pm$ 0,0) el valor de pH se encuentra por debajo del LMP, se considera ácido.

En mayo los valores del pH en PLAMI3 ( $\bar{X}$ =7,2  $\pm$ 0,1), PLAMI1 ( $\bar{X}$ =6,9 mg/l $\pm$ 0,1 mg/l), PLAMI2 ( $\bar{X}$ =7,1  $\pm$  0,1) y PLAMI4 ( $\bar{X}$ =7,2  $\pm$ 0,0) se encuentran dentro de los LMP; no existieron problema de contaminación. Sin embargo, los valores se deben por la precipitación y la escorrentía; estas remueven las aguas residuales de la minería (Figura 14).



**Figura 14.** Caracterización del pH del agua por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

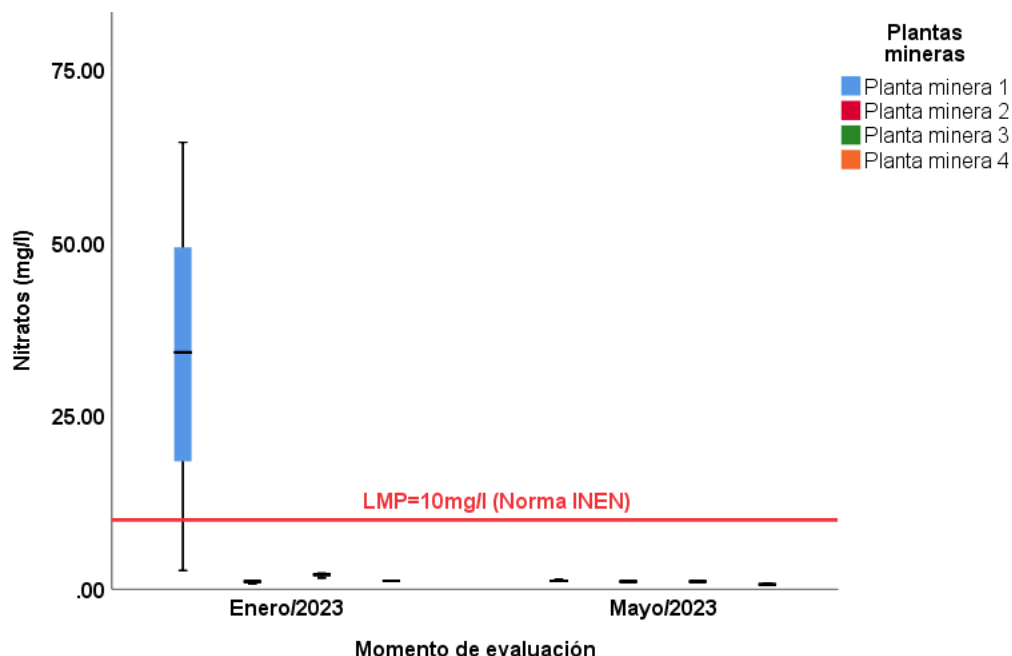
En época de inicio (enero) y final de las lluvias (mayo) el pH del agua presentó valores dentro del intervalo permisible (6,5-6,8) por la Norma INEN ecuatoriana, excepto en el área de vertimiento de residuos de las extracciones mineras en PLAMI3 donde el pH fue ácido (4,4 en enero), similar a lo obtenido por Brousett-Minaya et al. (2021) en un estudio desarrollado en la Región Puno-Perú en las lagunas Cumunni (4,61 en época de estiaje y 4,54 en época lluviosa) y Lunar (3,03 en época de estiaje y 2,14 en época lluviosa), y menor a lo reportado por Rodríguez et al. (2022) con una media de 7,86 (pH alcalino) son resultantes de la acequia; en este caso se demuestra que existe un nivel de acidez que pueden provocar ardor de estómago y dolores abdominales en el cuerpo humano.

#### 4.2.2.3. Nitratos (NO<sub>3</sub>)

En enero de 2023 los nitratos del agua en áreas de descarga de residuales derivados en las plantas mineras mostró los mayores valores en PLAMI1 ( $\bar{X}$ =33,8 mg/l±30,9 mg/l), superiores al límite máximo permisible (10 mg/l), evidenciándose que en áreas de la cuenca hidrográfica del río Amarillo presentan una alta concentración de nitrógeno y oxígeno, causan problemas diuréticos en la salud humana al consumirlo. En PLAMI2 ( $\bar{X}$ =1,0 mg/l±0,2 mg/l), PLAMI3 ( $\bar{X}$ =2,0 mg/l±0,4 mg/l), PLAMI4 ( $\bar{X}$ =1,2 mg/l±0,1

mg/l) presentan valores por debajo del LMP, pueden provocar un problema a futuro de mantenerse los derrames de residuos de aguas contaminantes.

En mayo se observaron que en PLAMI1 ( $\bar{X}=1,2$  mg/l $\pm$ 0,2 mg/l), PLAMI3 ( $\bar{X}=1,1$  mg/l $\pm$ 0,1 mg/l), PLAMI2 ( $\bar{X}=1,0$  mg/l $\pm$ 0,1 mg/l) y PLAMI4 ( $\bar{X}=0,8$  mg/l $\pm$ 0,1 mg/l) se encuentran por debajo del LMP, este mes los valores disminuyen y no se consideran tóxicos; puede estar asociados por el escurrimiento de las lluvias (Figura 15).



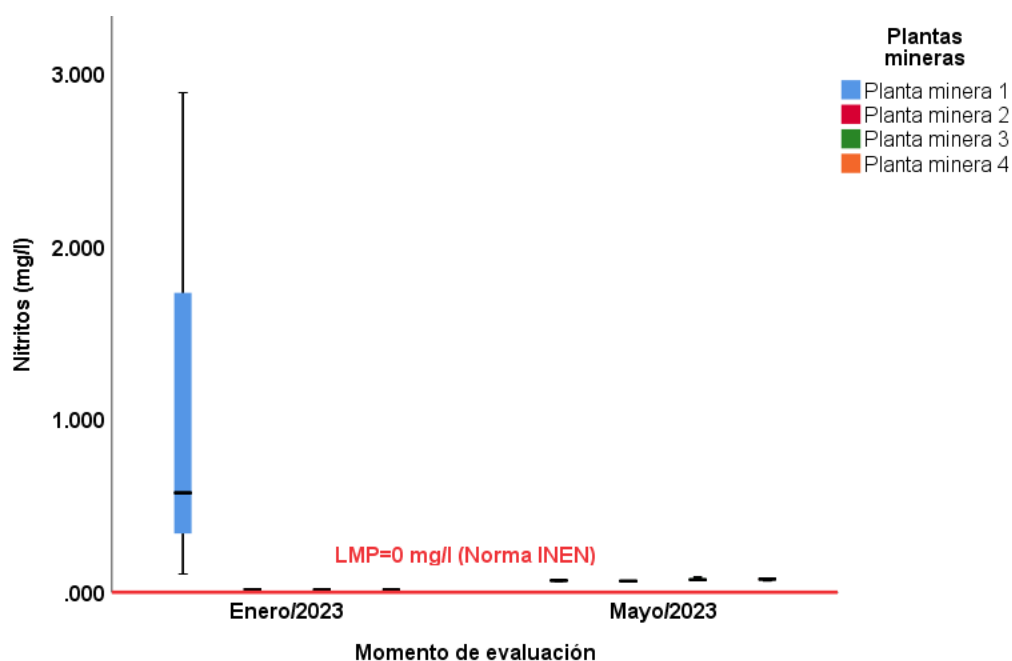
**Figura 15.** Caracterización de los nitratos del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

Los resultados obtenidos en los nitratos del agua en enero y mayo en el presente estudio se observan por encima del intervalo permisible (10 mg/l) por la Norma INEN 1 108:20006 ecuatoriana; en PLAMI (33,8 mg/l en enero) adquirieron valores superiores a lo destacado por Gil-Mora et al. (2022), en un estudio realizado Cusco-Perú, con el objetivo de evaluar la calidad de agua química, física y biológica en el río Saphy, las cuales alcanzaron valores promedio de 0,64 mg/l en Salkantay; 0,86 mg/l en T´inkoq y 0,74 mg/l en Union, similares a lo alcanzado en PLAMI4 ( $\bar{X}=0,8$  mg/l en enero); en este último caso existe un impacto negativo para las personas al momento de consumir estas aguas.

#### 4.2.2.4. Nitritos (NO<sub>2</sub>)

En las áreas de desechos residuales procedentes de actividades mineras en el mes de enero de 2023, alcanzaron los mayores valores en PLAMI1 ( $\bar{X}=1,19$  mg/l $\pm$ 1,49 mg/l), superiores al límite máximo permisible (0 mg/l); indicándose que presentan una alta concentración de nitritos, en exceso causaría una contaminación en el agua y provocaría efectos cancerígenos por la mala circulación de glóbulos rojos impidiendo que el oxígeno llegue al cuerpo. En PLAMI2 ( $\bar{X}=0,02$  mg/l $\pm$ 0,00 mg/l), PLAMI3 ( $\bar{X}=0,01$  mg/l $\pm$ 0,00 mg/l), PLAMI4 ( $\bar{X}=0,01$  mg/l $\pm$ 0,00 mg/l); los valores se encuentran ligeramente por encima del valor permisible y se convierte un problema a futuro por los derrames de aguas contaminadas.

Los resultados de nitritos en mayo presentaron en PLAMI3 ( $\bar{X}=0,08$  mg/l  $\pm$ 0,00 mg/l), seguido en PLAMI1 ( $\bar{X}=0,07$  mg/l $\pm$ 0,00 mg/l), PLAMI2 ( $\bar{X}=0,07$  mg/l $\pm$ 0,00 mg/l) y PLAMI4 ( $\bar{X}=0,01$  mg/l $\pm$ 0,00 mg/l) valores por encima del LMP; la circulación de agua no es capaz de arrastrar el nitrito aguas abajo (Figura 16).



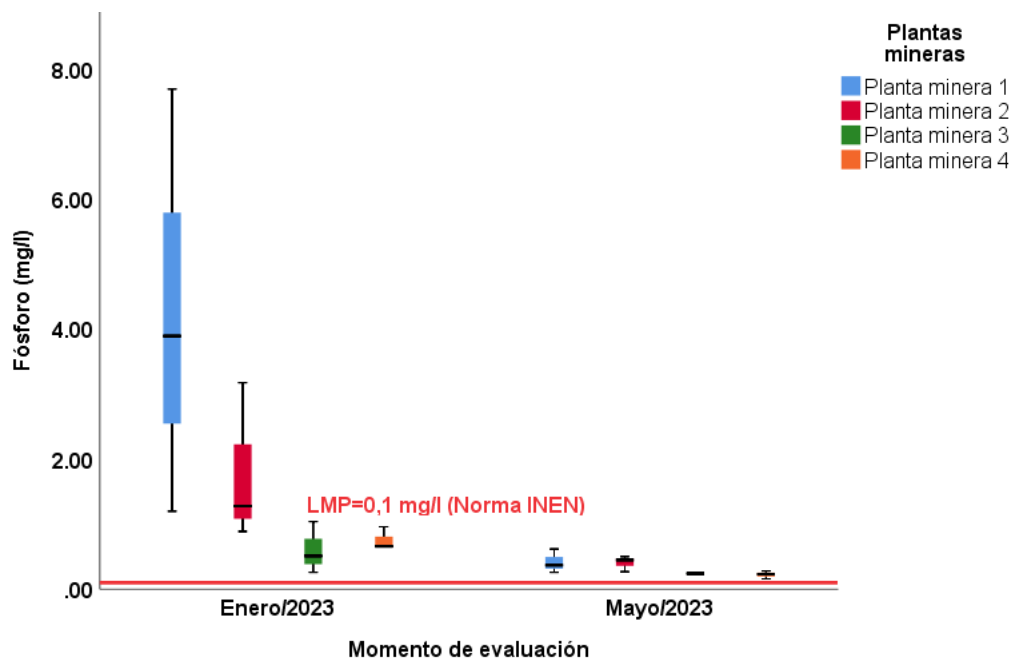
**Figura 16.** Caracterización de los nitritos del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

#### 4.2.2.5. Fósforo del agua

En enero de 2023 el fósforo del agua en áreas de vertimiento de residuales derivado en las plantas mineras indicó los valores mayores en PLAMI1 ( $\bar{X}=4,26$  mg/l $\pm$ 3,27 mg/l), superiores al límite máximo permisible (0,01 mg/l); presentan una alta concentración de

fósforo, causan una proliferación en las aguas por lo cual ha pasado de ser un nutriente deseable a ser un contaminante tóxico para la salud humana, ya que afectaría la salud ósea, y la función renal, aumentando el riesgo de muerte. En PLAMI2 ( $\bar{X}=1,78 \text{ mg/l} \pm 1,23 \text{ mg/l}$ ), esto constituye un problema a futuro de mantenerse la liberación de aguas contaminadas. Sin embargo, en PLAMI3 ( $\bar{X}=0,60 \text{ mg/l} \pm 0,40 \text{ mg/l}$ ), y PLAMI4 ( $\bar{X}=0,76 \text{ mg/l} \pm 0,17 \text{ mg/l}$ ) es superior al LMP (Figura 16).

Las plantas mineras en mayo se encuentran los valores por encima del LMP, pueden estar asociados por las actividades mineras, por los desechos residuales y vertimientos (Figura 17).

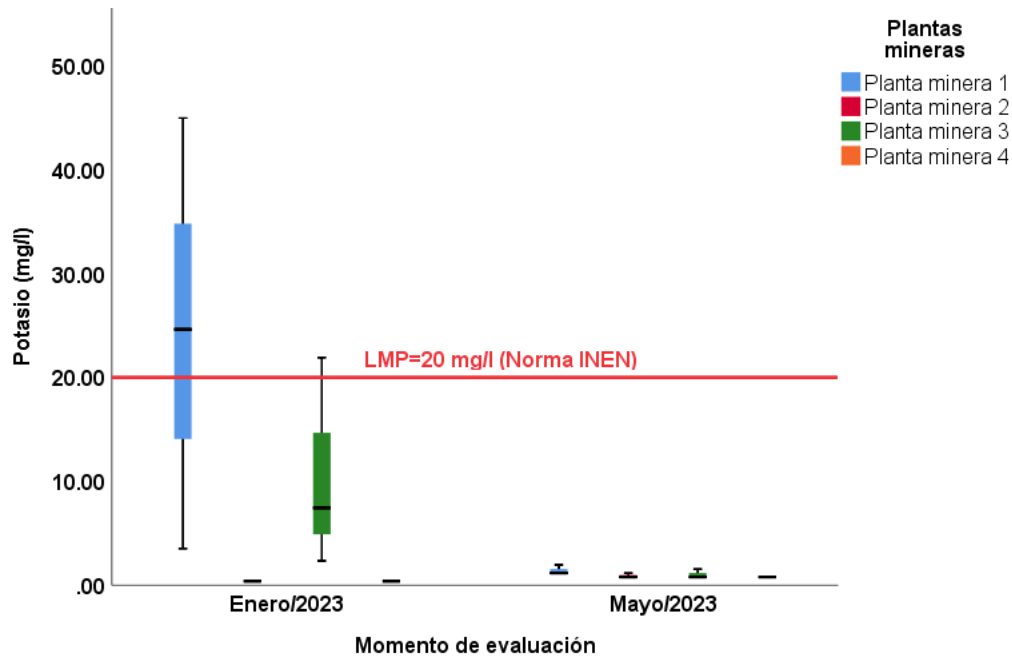


**Figura 17.** Caracterización del fósforo del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

#### 4.2.2.6. Potasio del agua

En áreas de descarga de residuales derivados de las plantas mineras en enero de 2023 indicó el mayor valor en PLAMI1 ( $\bar{X}=24,3 \text{ mg/l} \pm 20,7 \text{ mg/l}$ ) superior al LMP (20 mg/l); seguido en PLAMI 3 ( $\bar{X}=10,6 \text{ mg/l} \pm 10,1 \text{ mg/l}$ ), el potasio influye en la salinidad y calidad de agua, en altas concentraciones sería un problema para las personas ya que causa enfermedades renales crónicas y afecta al sistema gastrointestinal. En PLAMI2 ( $\bar{X}=0,4 \text{ mg/l} \pm 0,0 \text{ mg/l}$ ) y PLAMI4 ( $\bar{X}=0,4 \text{ mg/l} \pm 0,00 \text{ mg/l}$ ) los valores se encuentran por debajo del LMP, evidenciándose que las actividades mineras en estas áreas no causan problemas.

En mayo el potasio en PLAMI1 se obtuvo un valor promedio de 1,4 mg/l±0,5 mg/l, PLAMI3 ( $\bar{X}$ =1,0 mg/l±0,5 mg/l), PLAMI 2 ( $\bar{X}$ =0,9 mg/l±0,2 mg/l) y PLAMI4 ( $\bar{X}$ =0,8 mg/l±0,0 mg/l), las cuales no presentan problemas de contaminación al medio ambiente y a las personas (Figura 18).



**Figura 18.** Caracterización del potasio del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

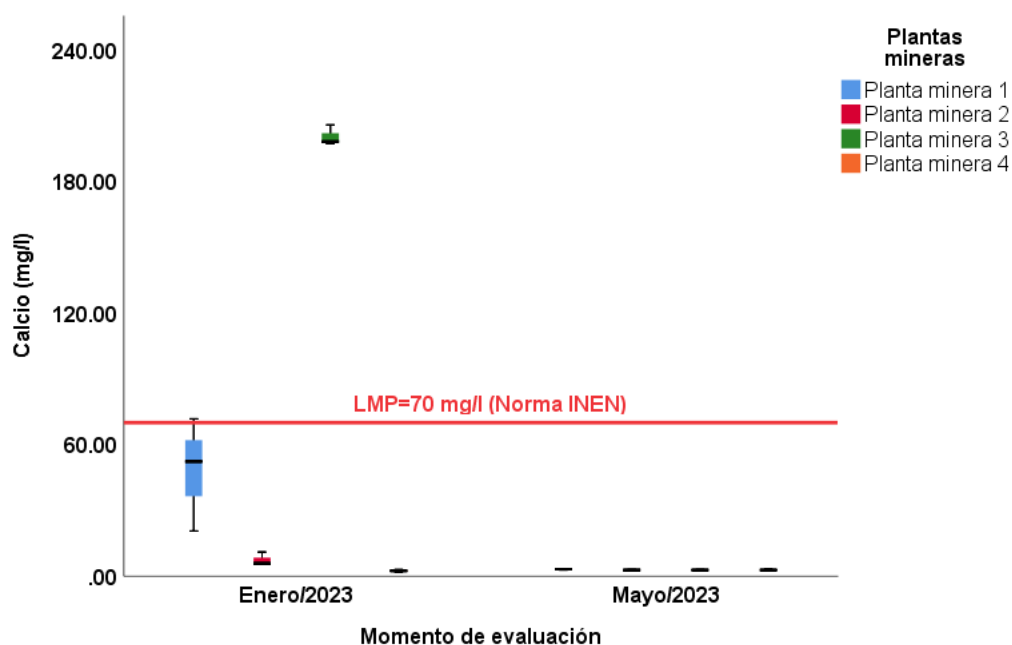
En el área de estudio los valores de potasio del agua en época de inicio de lluvias (enero) y al final de lluvia (mayo) se encuentran por debajo del límite máximo permisible (20 mg/l) por la Norma INEN 1 108:2006 ecuatoriana; aunque en PLAMI1 se obtuvo un valor promedio de 24,3 mg/l en el mes de enero, superior a lo obtenido por Bolaños-Alfaro (2014) en un estudio desarrollado en Grecia; que alcanzaron resultados entre 1,10 mg/l y 3,31 mg/l, con un promedio (2,12 mg/l) de potasio en agua, y a lo reportado por Rodríguez et al. (2022), quienes desarrollaron un estudio con la finalidad de evaluar la calidad de agua procedente de la acequia en la provincia de Cotopaxi en diferentes sectores alcanzándose en Tanicuch (9,76 mg/l), Guaytacama (17,46 mg/l), Saquisilí (13,51 mg/l) y Poaló (4,72 mg/l); los niveles altos de potasio del agua en consumo pueden tener efectos desfavorables para la salud humana, ya que provocaría trastornos renales y ataques cardiacos.



#### 4.2.2.7. Calcio del agua

En enero de 2023 el calcio del agua en áreas de derrame de residuales originarios de las plantas mineras indicó los valores mayores en PLAMI3 ( $\bar{X}=200,4$  mg/l $\pm$ 4,7 mg/l) con un valor superior al LMP (70 mg/l) y en PLAMI1 ( $\bar{X}=48,2$  mg/l $\pm$ 25,8 mg/l) inferior al LMP; demostrándose que en esta área de la cuenca hidrográfica del río Amarillo se señaló una mayor concentración de calcio, estas producen cálculos renales y anomalía en los crecimientos de los huesos en las personas. En la actividad mineras de estas dos plantas son muy similares en PLAMI2 ( $\bar{X}=7,5$  mg/l $\pm$ 3,0 mg/l) y PLAMI4 ( $\bar{X}=2,4$  mg/l $\pm$ 0,6 mg/l) los valores se encuentran por debajo del LMP; que el proceso en estas plantas no genera daños (Figura 18).

Los valores de calcio en mayo presentaron valores por debajo del LMP, en PLAMI1 (3,1 mg/l $\pm$ 0,3 mg/l), PLAMI 4 ( $\bar{X}=2,9$  mg/l $\pm$ 0,3 mg/l), en PLAMI2 ( $\bar{X}=2,8$  mg/l $\pm$ 0,2 mg/l) y PLAMI 3( $\bar{X}=2,8$  mg/l $\pm$ 0,2); los valores bajos pueden estar asociados por las actividades mineras que no vierte contaminantes al agua (Figura 19).



**Figura 19.** Caracterización del calcio del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

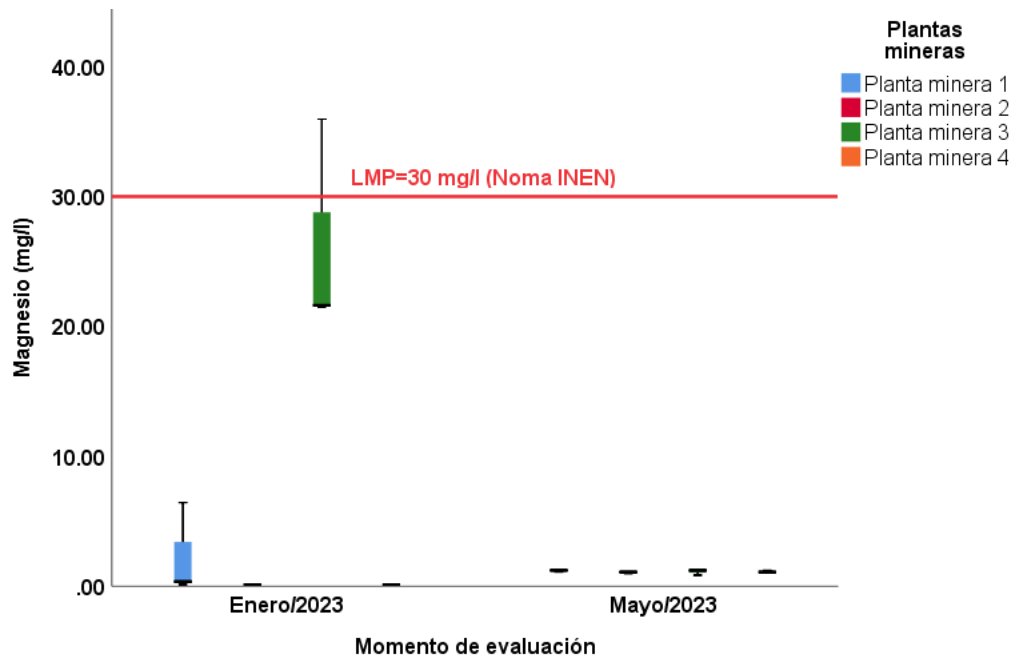
Los resultados obtenidos en el calcio del agua en época de inicio de luvias (enero) y al final de lluvia (mayo) en el presente estudio se encuentran por debajo del valor permisible (70 mg/l) por la Norma INEN 1 108:2006 ecuatoriana; sin embargo, en PLAMI3 ( $\bar{X}=200,4$  mg/l en enero) se observaron valores superiores a lo reportado por Bolaños-

Alfaro (2014) en Grecia, con un valor promedio de 10,95 mg/l con un rango entre 8,14 mg/l y 13,74 mg/l; y Rodríguez et al. (2022) quienes obtuvieron un valor de 29,42 mg/l en Tanicuch, 52,85 mg/l en Guaytacama, 44,74 mg/l en Saquisilí y 24,38 mg/l en Poaló. En este caso el exceso del calcio puede provocar un efecto negativo en la agricultura lo cual desequilibraría los nutrientes en el suelo y las plantas, provocando toxicidad y disminución del crecimiento.

#### **4.2.2.8. Magnesio del agua**

En áreas de vertimiento de residuales derivados de las plantas mineras en enero de 2023, indicó los valores mayores en PLAMI3 ( $\bar{X}=26,37$  mg/l $\pm$ 8,31 mg/l), inferiores al LMP (30 mg/l); manifestándose que en esta área de la cuenca hidrográfica del río Amarillo presentan una alta concentración de magnesio, provocan daños a las personas como náuseas, cólicos estomacales y ritmo cardiaco irregular; por otro lado, ocasiona un sabor amargo y actúa como un laxante. En PLAMI1 ( $\bar{X}=2,31$  mg/l $\pm$ 3,58 mg/l), PLAMI2 ( $\bar{X}=0,12$  mg/l $\pm$ 0,00 mg/l) y PLAMI4 ( $\bar{X}=0,12$  mg/l $\pm$ 0,00 mg/l); son inferiores al LMP, no hay afectación (Figura 19).

En mayo el magnesio del agua las plantas mineras alcanzaron valores inferiores al LMP, en PLAMI1 (1,17 mg/l $\pm$ 0,08 mg/l), PLAMI2 ( $\bar{X}=1,05$  mg/l $\pm$ 0,07 mg/l), PLAMI3 ( $\bar{X}=1,10$  mg/l $\pm$ 0,21 mg/l) y PLAMI4 ( $\bar{X}=1,1$  mg/l $\pm$ 0,08 mg/l), no provocan efectos negativos a las personas y los animales; los valores de magnesio pueden estar asociados por las actividades mineras (Figura 20).



**Figura 20.** Caracterización del magnesio del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

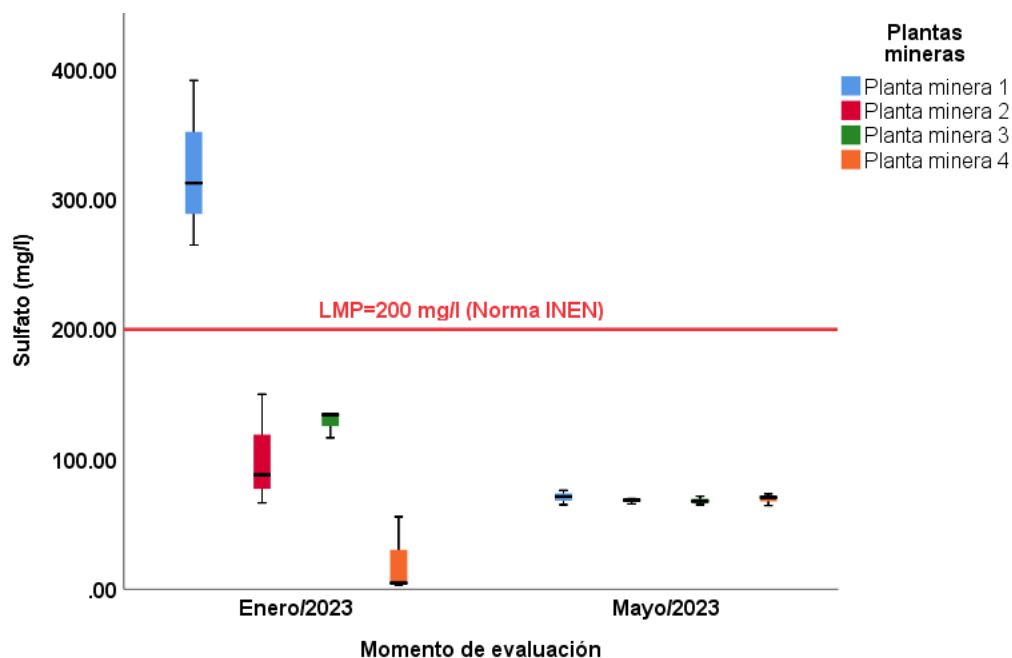
En época de inicio de lluvias (enero) y al final de lluvia (mayo) el magnesio alcanzó valores por debajo del intervalo permisible (30 mg/l) por la Norma INEN 1 108:2006 ecuatoriana; los mismos coinciden con lo obtenido por Bolaños-Alfaro (2014), en un estudio desarrollado con el objetivo de caracterizar los cationes en el cantón de Grecia, que obtuvieron un rango de 2,01 mg/l y 3,79 mg/l y un valor promedio de 2,66 mg/l en periodo estacional, respectivamente; para el caso de PLAMI1 ( $\bar{X}$ =2,31 mg/l en enero) y difieren en PLAMI3 ( $\bar{X}$ =26,37 mg/l en enero), en este caso hay un impacto negativo en el ser humano y la agricultura; ya que su excedente pueden causar diarrea en algunas personas.

#### 4.2.2.9. Sulfato del agua

En enero de 2023 el sulfato del agua en áreas de desechos residuales provenientes de las plantas mineras alcanzó los valores mayores en PLAMI1 ( $\bar{X}$ =323,2 mg/l±63,9 mg/l), superiores al LMP (200 mg/l) por la Norma INEN 1 108:2006 ecuatoriana; en altas concentraciones pueden tener un sabor amargo y olor desagradable, su consumo por las personas causan malestar estomacal. En PLAMI2 ( $\bar{X}$ =101,5 mg/l±43,44 mg/l) y PLAMI3 ( $\bar{X}$ =128,6 mg/l±10,5 mg/l); se obtuvieron valores por debajo del LMP; sin embargo, esta situación puede ocasionar un problema a futuro al mantenerse vertimientos de aguas

contaminadas al cuerpo hídrico en las aguas residuales. En PLAMI4 (21,3 mg/l±29,8 mg/l), se evidencia que la minería se puede hacer sin contaminar el agua.

En mayo los valores de sulfato del agua en PLAMI1 (70,8 mg/l±5,6 mg/l), PLAMI2 ( $\bar{X}$ =68,0 mg/l±2,2 mg/l), PLAMI3 ( $\bar{X}$ =68,1 mg/l±3,3 mg/l) y PLAMI4 (69,5 mg/l±4,6 mg/l), inferiores al LMP, indicando que no presentan riesgos a la salud humana (Figura 21).



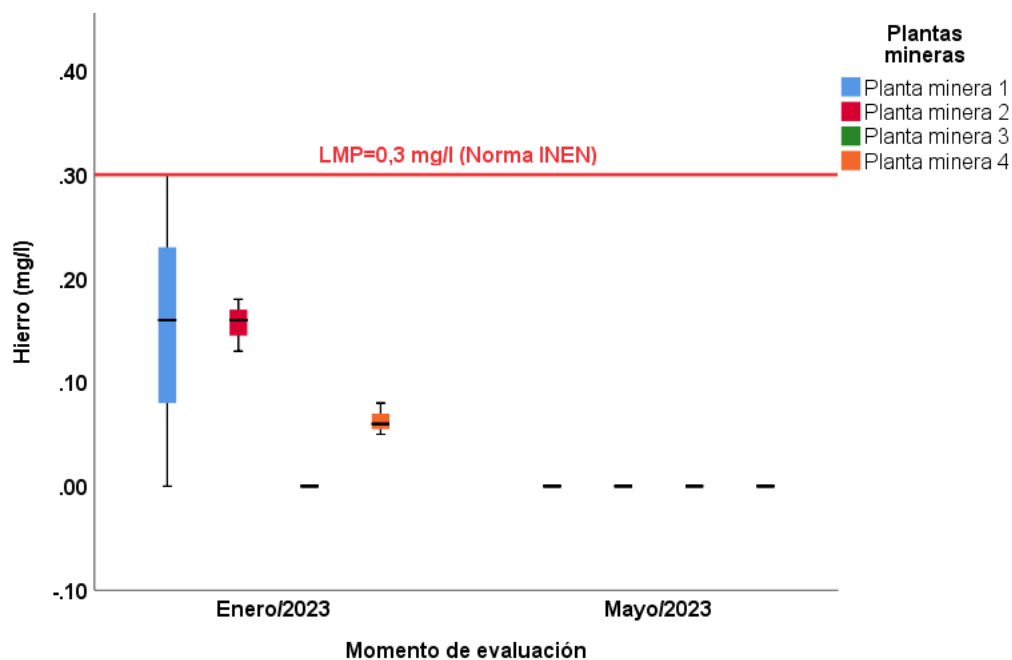
**Figura 21.** Caracterización del sulfato del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

#### 4.2.2.10. Hierro del agua

En todos los valores promedios son menores al límite máximo permisible (0,3 mg/l); sin embargo, en PLAMI1 ( $\bar{X}$ =0,15 mg/l±0,15 mg/l) se observaron valores cercanos al LMP, porque puede constituir un problema a futuro por los vertimientos de las aguas contaminadas; en PLAMI2 ( $\bar{X}$ =0,16 mg/l±0,25 mg/l), PLAMI3 ( $\bar{X}$ =0,00 mg/l±0,00 mg/l) y PLAMI4 ( $\bar{X}$ =0,06 mg/l±0,02 mg/l) son inferiores al LMP; ya que en altas concentraciones de hierro, el agua dispone de un sabor amargo y un olor desagradable al momento de consumirlo, causan problemas como diarreas y enfermedades digestivas.

Los valores de hierro en el agua en mayo se encuentran por debajo del LMP, en PLAMI1, PLAMI2, PLAMI3 y PLAMI4 obtuvieron valores de 0,00 mg/l±0,00 mg/l; mostrándose que el metal pesado no es considerado peligroso para la salud; los valores bajos en todas

las plantas mineras pueden estar asociado en los efectos de las crecidas de los ríos cuando arrastran toda esa contaminación a otro lugar (Figura 24).



**Figura 22.** Caracterización del hierro del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

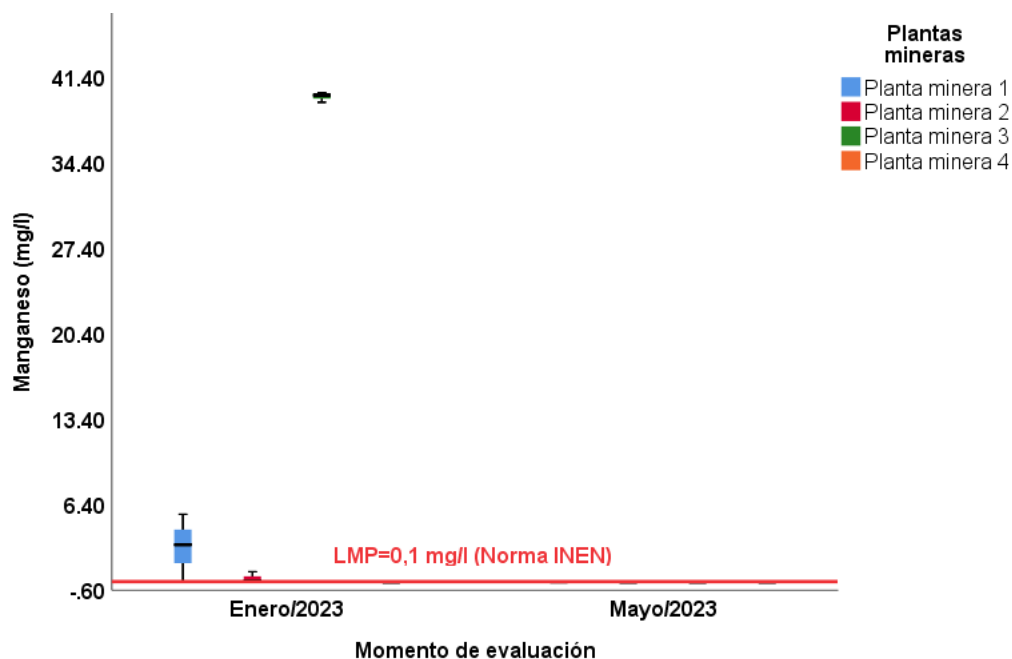
Los resultados de hierro del agua en inicio de lluvias (enero) y al final de lluvia (mayo), alcanzaron valores por debajo del intervalo permisible (0,3 mg/l) por la Norma INEN 1 108:2006 ecuatoriana; en PLAMI1 obtuvo un valor promedio de 0,15 mg/l inferiores a lo obtenido por Brousett-Minaya et al. (2021); en un estudio desarrollado en Perú, en las cuales obtuvieron en la época lluviosa en Cumunni (2.03 mg/l) y en Lunar (2,65 mg/l); en época de estiaje en Cumunni (2,57 mg/l) y en Lunar (3.01); debido a la alta concentraciones de hierro en las aguas residuales, causan alteraciones al sistema nervioso de las personas.

#### 4.2.2.11. Manganeso del agua

En enero de 2023 el manganeso del agua en áreas de vertimiento de residuales derivados de las plantas mineras mostró los valores mayores en PLAMI3 ( $\bar{X}=39,87$  mg/l $\pm$ 0,41 mg/l), superiores al límite máximo permisible (0,1 mg/l); evidenciándose que en concentraciones elevadas de manganeso pueden dar lugar a un color y sabor desagradable en el agua, afectan al sistema nervioso y respiratoria a las personas. En PLAMI1 ( $\bar{X}=2,95$  mg/l $\pm$ 2,76 mg/l), PLAMI 2 ( $\bar{X}=0,39$  mg/l $\pm$ 0,46 mg/l) y PLAMI4 ( $\bar{X}=0,08$  mg/l $\pm$ 0,04

mg/l), los valores se encuentran por encima del LMP, ya que los valores no dependen del manejo, sino que hace la naturaleza.

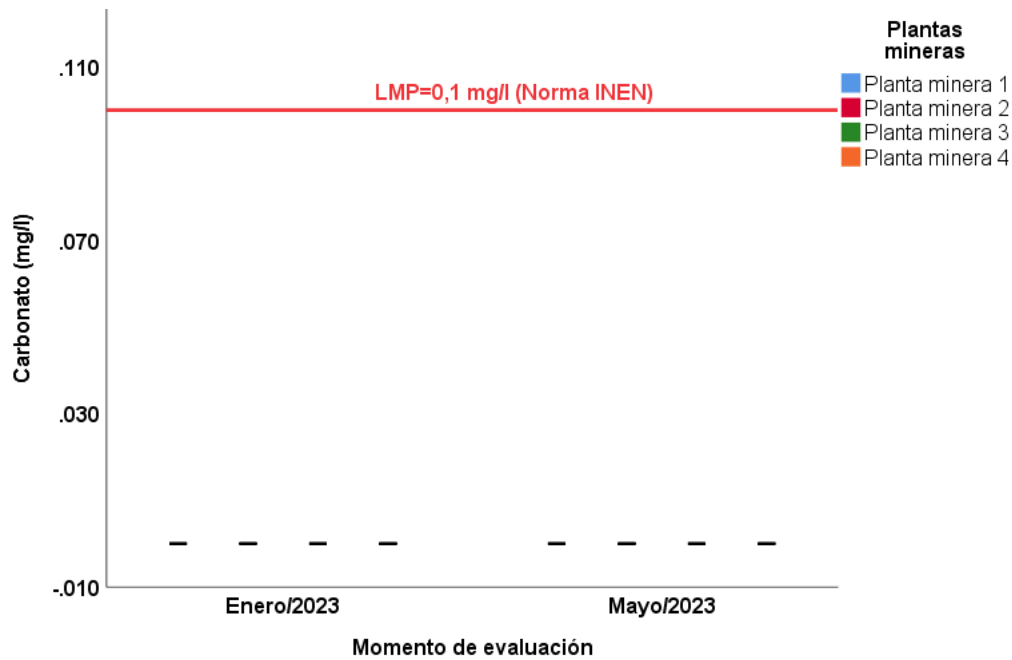
Los valores obtenidos de manganeso en mes de mayo en diferentes plantas mineras se encuentran por debajo del límite máximo permisible (0,1 mg/l). En PLAMI4 ( $\bar{X}=0,07$  mg/l $\pm 0,01$  mg/l), PLAMI1 ( $\bar{X}=0,07$  mg/l $\pm 0,01$  mg/l), PLAMI2 ( $\bar{X}=0,06$  mg/l $\pm 0,01$  mg/l) y PLAMI3 ( $\bar{X}=0,06$  mg/l $\pm 0,00$  mg/l), en este mes el metal no constituye riesgos para la salud humana (Figura 25).



**Figura 23.** Caracterización del manganeso del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

#### 4.2.2.12. Carbonatos del agua

Se observaron que los valores de carbonato del agua son inferiores al límite máximo permisible (0,1 mg/l) en el mes de enero y mayo, que obtuvieron valores de  $\bar{X}=0,00$  mg/l $\pm 0,00$  mg/l en todas las plantas mineras; evidenciándose que en esta área de la cuenca hidrográfica los niveles de carbonatos son bajos, no causaron problemas significativos ni presentan un riesgo para la salud humana, al presentarse una alta concentración en el agua aumentaría el pH; demostrándose que el carbonato ayuda a controlar el pH y alcalinidad, ya que de lo contrario dejaría el agua de ser potable para el ser humano, por la alta presencia de ácidos (Figura 26).

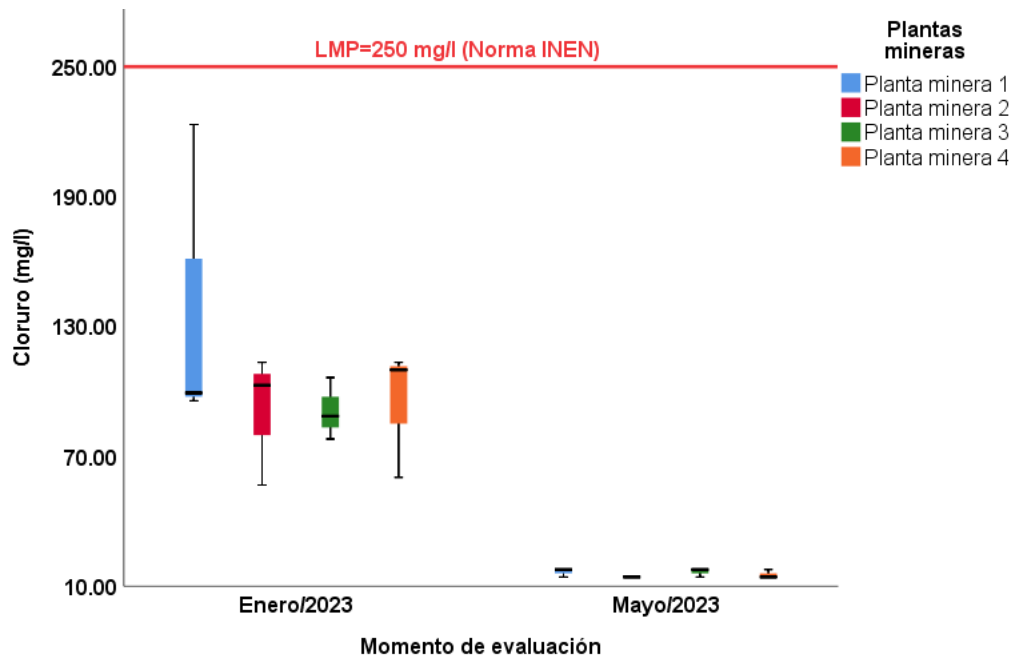


**Figura 24.** Caracterización del carbonato del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

#### 4.2.2.13. Cloruro del agua

En enero de 2023 el cloruro del agua en áreas de liberación de residuales originario en las plantas mineras mostró los valores mayores en PLAMI1 ( $\bar{X}=139,4$  mg/l $\pm$ 72,7 mg/l), inferiores al LMP (250 mg/l); demostrándose que en altas concentraciones de cloruro confieren un sabor desagradable en el agua al ser consumirlo. En PLAMI4 ( $\bar{X}=94,5$  mg/l $\pm$ 29,7 mg/l), éstas pueden convertirse un problema a futuro de mantenerse los desechos de las aguas contaminadas; en PLAMI2 ( $\bar{X}=90,9$  mg/l $\pm$ 30,1 mg/l) y PLAMI3 ( $\bar{X}=91,0$  mg/l $\pm$ 14,4 mg/l) lo que indica que en las actividades mineras se pueden hacerse sin contaminar el agua.

En mayo el cloruro del agua presenta valores por debajo al LMP en PLAMI1 ( $\bar{X}=16,5$  mg/l $\pm$ 2,0 mg/l), PLAMI2 ( $\bar{X}=14,2$  mg/l $\pm$ 0,0 mg/l), PLAMI3 ( $\bar{X}=16,5$  mg/l $\pm$ 2,0 mg/l) y PLAMI4 ( $\bar{X}=15,4$  mg/l $\pm$ 2,0 mg/L) en mayo, son inferiores al LMP; puede estar asociados por el escurrimiento de las lluvias y son transportadas en otras áreas (Figura 27).



**Figura 25.** Caracterización del cloruro del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales proveniente de actividades mineras.

Los resultados alcanzados en el cloruro del agua en época de inicio de lluvias (enero) y al final de la lluvia (mayo) en el presente estudio se encuentran por debajo del intervalo permisible (250 mg/l) por la Norma INEN 1 108:2006 ecuatoriana; sin embargo, en la PLAMI1 ( $\bar{X}$ = 139,4 mg/l en enero) se alcanzaron valores superiores a lo obtenido por Brousett-Minaya et al. (2021) en la Región Puno-Perú, en época de estiaje (promedio de 51,5 mg/l en Cumunni y 24,75 mg/l en Lunar) y en época lluviosa (promedio de 62,6 mg/l en Cumunni y 46,44 mg/l en Lunar) y a lo alcanzado por Pauta et al. (2019) en un estudio desarrollado en la ciudad de Cuenca, obteniéndose en Tarqui (valor máximo 71 mg/l y valor mínimo 4,1 mg/l), en Yanuncay (valor máximo 27,5 mg/l y valor mínimo 4,1 mg/l), en Machángara (valor máximo 9,1 mg/l y valor mínimo 3 mg/l) y en Tomebamba (valor máximo 19 mg/l y valor mínimo 2 mg/l); en este caso, señala los niveles altos de cloruro aumentando la salinidad, lo que inhibe la absorción de agua provocando la muerte de las plantas; también puede tener un sabor y un olor desagradables que los hacen menos apetecibles para el ser humano.

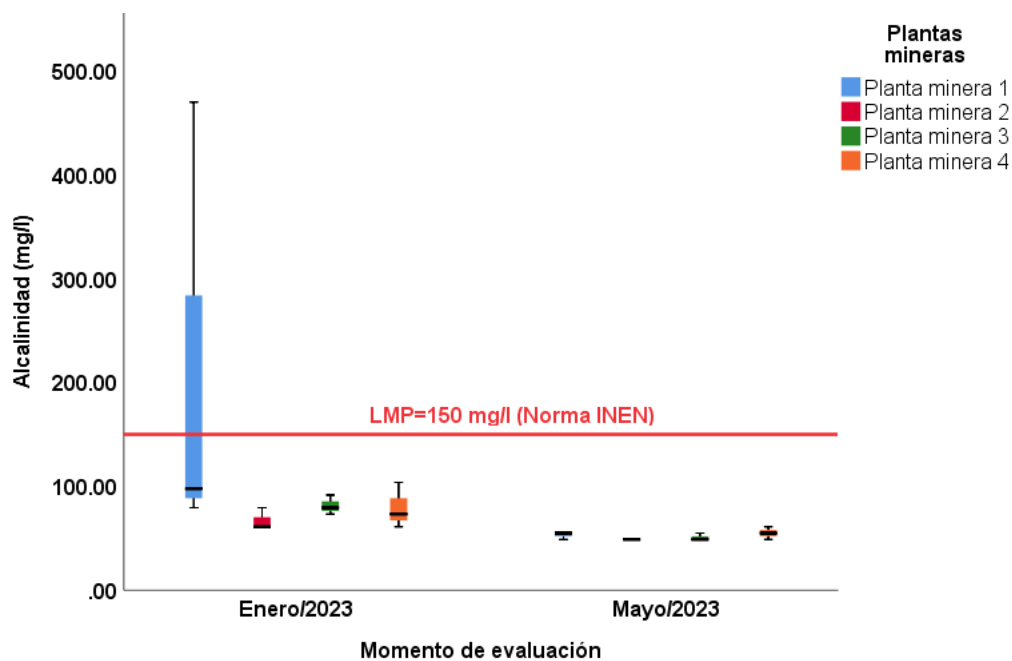
#### 4.2.2.14. Alcalinidad del agua

En áreas de descarga de residuales originario de las plantas mineras en enero 2023, indicaron los mayores valores en PLAMI1 ( $\bar{X}$ =215,5 mg/l±220,3 mg/l), superiores al



LMP (150 mg/l), demostrándose que en esta área de la cuenca hidrográfica del río Amarillo contienen aguas solubles con un pH ácido; en altas concentraciones puede ser dañina para la salud, ya que posee un sabor desagradable y causa hiperhidratación al ser humano. En PLAMI3 ( $\bar{X}$ =81,3 mg/l±9,3 mg/l) y PLAMI4 ( $\bar{X}$ =79,3 mg/l±21,9 mg/l), inferiores al LMP, podría convertirse en un problema a futuro si los derrames se extienden por las descargas de aguas contaminadas; en PLAMI2 ( $\bar{X}$ =67,1 mg/l±10,6 mg/l) los valores se encuentran por debajo del LMP; se asocian por no contaminar las aguas.

Los resultados de la alcalinidad del mes de mayo en las plantas mineras se encuentran por debajo del LMP; pueden estar asociados por las escorrentías que esto generan movimientos de esta contaminación de aguas debajo de la cuenca (Figura 28).



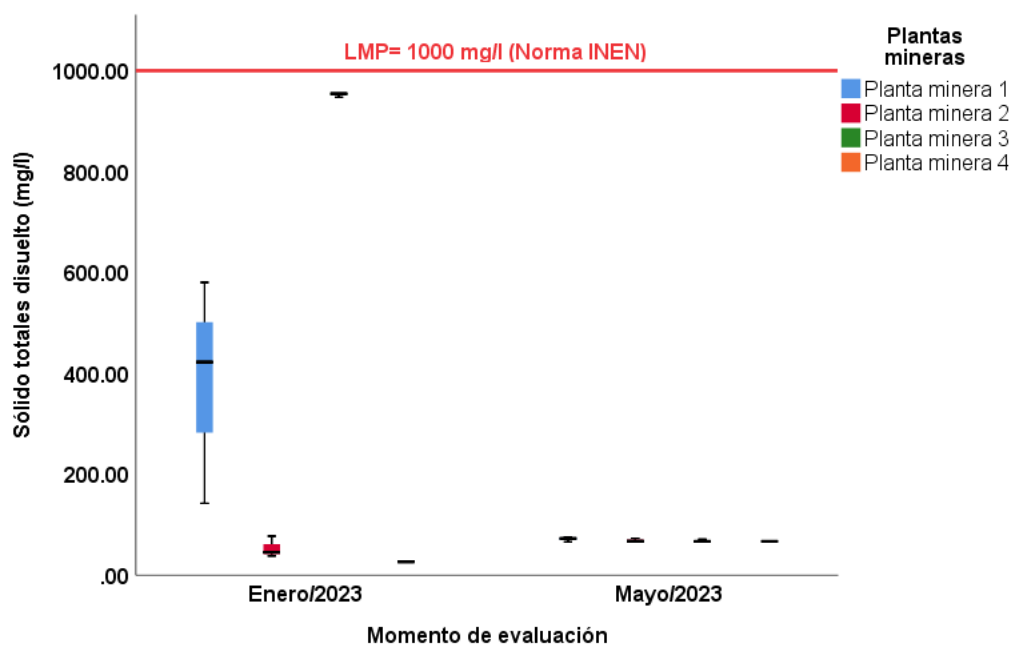
**Figura 26.** Caracterización de la alcalinidad del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

En época de inicio enero) y final de las lluvias (mayo) el color del agua presentó valores por encima del límite máximo permisible (150 mg/l) por la Norma INEN ecuatoriana, en el PLAMI3 (6215,5 mg/l en enero) adquirieron valores superiores a lo destacado por Torres et al. (2010) en un estudio desarrollado en el río Cauca-Colombia, alcanzaron valor en antes de Suarez (18,15 mg/l), Paso la Balsa (19,30 mg/l), Hormiguero (24,20 mg/l), antes del Canal Sur (25,75 mg/l) y en Bocatoma (27,75 mg/l); en este caso demuestra una alta concentración de color de agua causa daños al ser humano.

#### 4.2.2.15. Sólidos totales disueltos en agua

En enero de 2023 el STD del agua en áreas de la liberación de residuales provenientes de las plantas mineras alcanzó los mayores valores en PLAMI3 ( $\bar{X}=958,3$  mg/l $\pm 4,1$  mg/l), inferior al LMP (1000 mg/l), reflejándose una alta concentración de cationes como magnesio, sodio y cloruro que están disueltos en el agua, en exceso provoca irritación gastrointestinal a las personas al momento de consumirla. En PLAMI1 ( $\bar{X}=381,8$  mg/l $\pm 221,8$  mg/l), puede ocasionar un problema a futuro en conservar los vertimientos de aguas contaminadas. Sin embargo, en PLAMI2 ( $\bar{X}=53,6$  mg/l $\pm 20,9$  mg/l) y PLAMI4 ( $\bar{X}=26,9$  mg/l $\pm 1,2$  mg/l), los valores obtenidos indican que el agua suele ser óptimas para el consumo humano.

En mayo el STD del agua en mayo, se encuentran por debajo del LMP, en PLAMI1 (71,5 mg/l $\pm 5,1$  mg/l), PLAMI2 ( $\bar{X}=69,1$  mg/l $\pm 3,5$  mg/l), PLAMI3 ( $\bar{X}=68,1$  mg/l $\pm 2,9$  mg/l), PLAMI4 ( $\bar{X}=67,1$  mg/l $\pm 0,3$  mg/l), los valores bajos de STD pueden estar asociados por lixiviación y escorrentía en las fuentes naturales (Figura 29).



**Figura 27.** Caracterización del STD del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

Los resultados obtenidos en STD del agua en enero y mayo en el presente estudio se observan por debajo del intervalo permisible (1000 mg/l) por la Norma INEN 1 108:20006 ecuatoriana; en PLAM3 (958,3 mg/l en enero) adquirieron valores superiores a lo destacado por Gil-Mora et al. (2022), en un estudio realizado Cusco-Perú, con el

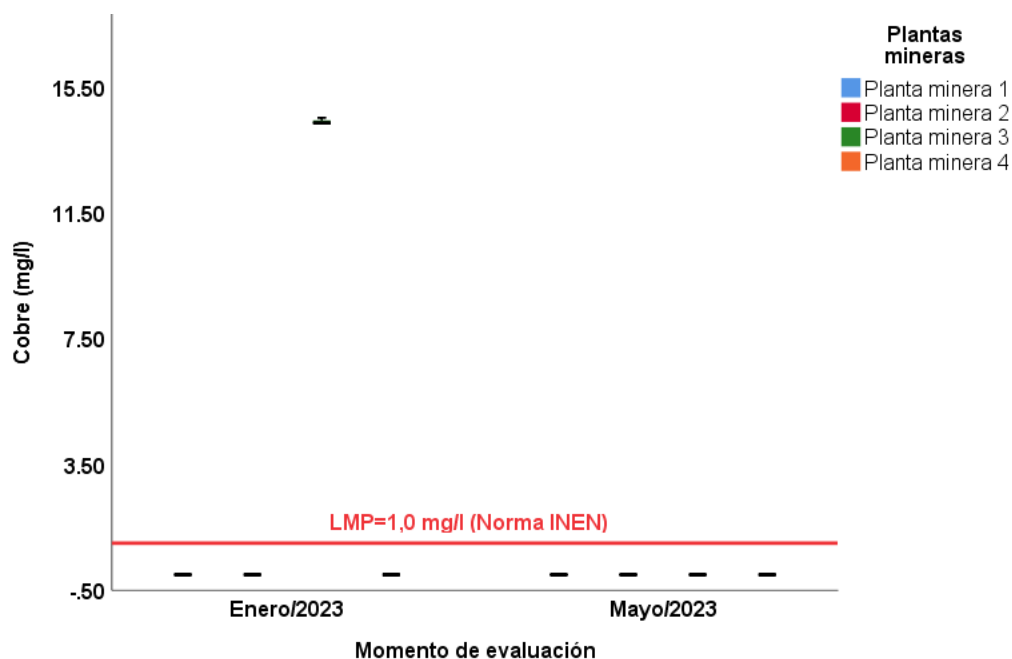
objetivo de evaluar la calidad de agua química, física y biológica en el río Saphy, obtuvieron valores promedio de 265,33 mg/l en Salkantay; 1577,33 mg/l en T'inkoq y 1178,67 mg/l en Union; existen un impacto negativo para las personas al consumir estas aguas en exceso de STD.

### 4.2.3. Parámetro metales pesados

#### 4.2.3.1. Cobre del agua

En enero de 2023 el cobre del agua en áreas de descarga de residuales procedentes de plantas mineras manifestó los valores mayores en PLAMI3 ( $\bar{X}=14,42$  mg/l $\pm 0,09$  mg/l), superiores al LMP (1,0 mg/l). Es un nutrimento esencial y a la vez un contaminante para el consumo humano en concentraciones elevadas, las cuales pueden causar náuseas, vómitos, calambres estomacales o diarrea. En PLAMI1 ( $\bar{X}=0,01$  mg/l $\pm 0,02$  mg/l), PLAMI2 y PLAMI4 ( $\bar{X}=0,00$  mg/l $\pm 0,00$  mg/l) inferiores al LMP; no presentan ningún riesgo para el ser humano, evidenciándose que las actividades mineras pueden realizarse de una manera amigable con el medio ambiente.

En mayo el cobre del agua en todas las plantas mineras se encuentra por debajo del LMP y obtuvieron valores de 0,00 mg/l $\pm 0,00$ mg/l; no provocan riesgos para la salud humana, lo que puede estar asociados por el manejo que se hace en las plantas mineras en el proceso de extracción de minerales (Figura 23).

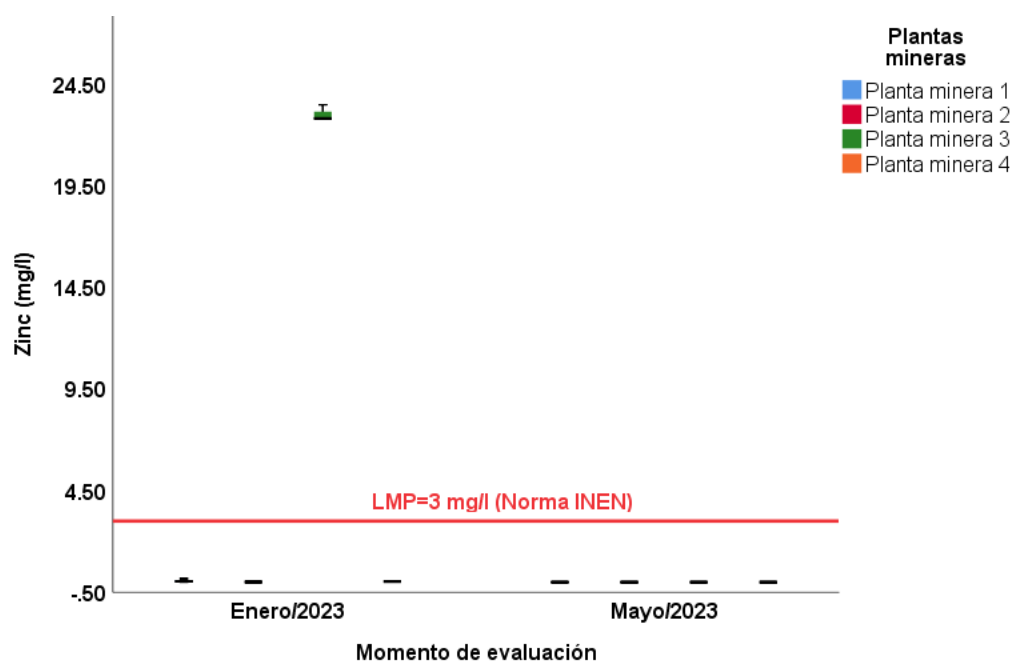


**Figura 28.** Caracterización del cobre del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

Los resultados de cobre del agua en la época de inicio de lluvias (enero) y al final de la lluvia (mayo), en el presente estudio, se encuentran por debajo del intervalo permisible (1,0 mg/l) por la Norma INEN 1 108:2006 ecuatoriana; en todas las plantas mineras obtuvieron un valor de 0,00 mg/l, diferente a lo obtenido por Brousett-Minaya et al. (2021) en la Región Puno-Perú, con el objetivo de demostrar el nivel de contaminación causada por la minería, mediante la medición de parámetros físicos-químicos en época de lluvia y estiaje en las lagunas Cumunni, alcanzaron valores promedio de 0,082 mg/l en época lluviosa y 0.090 en época de estiaje, respectivamente.

#### 4.2.3.2. Zinc del agua

En áreas de derrame de residuales en río Amarillo derivados en las actividades mineras en enero de 2023 presentó mayor valor en PLAMI3 ( $\bar{X}=23,01$  mg/l $\pm$ 0,40 mg/l), superior al LMP (3 mg/l), en el área de la cuenca se presentó una alta concentración, al consumirla tiene un sabor amargo. En PLAMI1 ( $\bar{X}=0,07$  mg/l $\pm$ 0,08 mg/l), PLAMI2 ( $\bar{X}=0,01$  mg/l $\pm$ 0,01 mg/l), PLAMI4 ( $\bar{X}=0,03$  mg/l $\pm$ 0,02 mg/l); se encuentran por debajo del LMP, no constituye un problema para las personas. Las plantas mineras en el mes de mayo los valores se encuentran por debajo del LMP, no presentan problemas para la salud humana, evidenciándose que se presentan precipitaciones y estos los residuos contaminantes son arrastradas en otro lugar (Figura 22).



**Figura 29.** Caracterización del zinc del agua (mg/l) por momento de evaluación en áreas de depósito de residuales procedente de actividades mineras.

Los resultados alcanzados en el zinc del agua en época de inicio de lluvias (enero) y al final de la lluvia (mayo) en el presente estudio se encuentran por debajo del intervalo permisible (3 mg/l) por la Norma INEN 1 108:2006 ecuatoriana; sin embargo, en la PLAMI3 ( $\bar{X}$ =23,01 mg/l en enero) alcanzaron valores superiores a lo obtenido por Brousett-Minaya et al. (2021) en la Región Puno-Perú, con el objetivo de caracterizar los parámetros físicas-químicos en época lluviosa y estiaje; obtuvieron valores en época lluviosa (6,79 mg/l en Cumunni y 2,02 en Lunar) y época de estiaje (7,89 mg/l en Cumunni y 3.52 en Lunar); en este caso pueden causar trastornos neurológicos y renales al ser humano al momento de ingerir estas aguas.

#### **4.3. Efecto del vertimiento de residuales líquidos procedentes en las actividades mineras.**

##### **Comparación de propiedades físicas y químicas del agua en la zona de vertimientos residuales líquidos procedentes de las actividades mineras.**

La comparación entre las plantas mineras mostró diferencias significativas en dureza, turbidez, pH, calcio, magnesio, sulfato, zinc cobre, manganeso y STD en enero; y en mayo se presentaron en pH y nitratos. En enero no se presentó diferencias estadísticas en el color del agua, nitratos, nitritos, fósforo, potasio, cloruro y alcalinidad; y en mayo no se presentaron en dureza, color, turbidez, nitritos, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sulfato, manganeso, cloruro, alcalinidad y STD (Tabla 12).

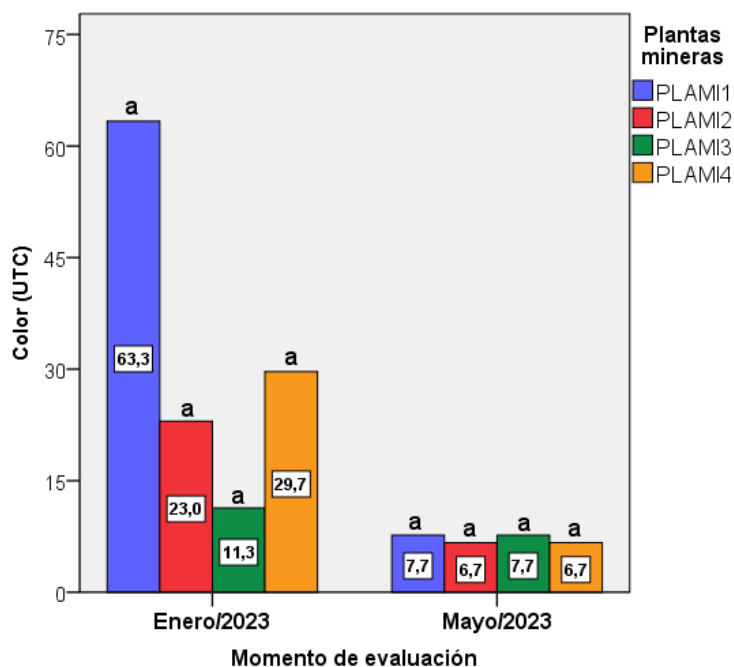
**Tabla 12.** Resultados de contraste de hipótesis en función de las propiedades físicas y químicas del agua en la zona de vertimientos de las plantas mineras en el río Amarillo en los meses de enero y mayo de 2023.

Propiedades del agua	Plantas mineras				p-valor	Plantas mineras				p-valor
	1	2	3	4		1	2	3	4	
<b>Físicas</b>	<b>ene-23</b>					<b>may-23</b>				
Color	63,3	23,0	11,3	29,7	0,397	7,8	6,7	7,7	6,7	0,739
Turbidez	2204,3	599,7	5279,0	344,0	0,007	50,0	44,7	52,3	42,7	0,370
<b>Químicas</b>										
pH	7,4	7,4	4,4	6,9	0,000	6,9	7,1	7,2	7,2	0,001
Dureza	130,0	19,4	609,1	6,5	0,000	12,6	11,3	11,5	11,8	0,336
Nitratos	33,8	1,0	2,0	1,2	0,079	1,2	1,0	1,1	0,8	0,010
Nitritos	1,2	0,0	0,0	0,3	0,214	0,1	0,1	0,1	0,1	0,188
Fósforo	4,3	1,8	0,6	1,9	0,110	0,4	0,4	0,2	0,2	0,143
Potasio	24,4	0,4	10,6	0,4	0,101	1,4	0,9	1,0	0,8	0,182
Calcio	48,2	7,5	200,4	2,4	0,000	3,1	2,8	2,8	2,9	0,392
Magnesio	2,3	0,1	26,4	0,1	0,000	1,2	1,1	1,1	1,1	0,654
Sulfatos	323,2	101,5	128,6	21,3	0,000	70,8	68,0	68,1	69,5	0,818
Zinc	0,0	0,0	23,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Cobre	0,0	0,0	14,4	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Hierro	0,2	0,2	0,0	0,1	0,099	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Manganeso	2,9	0,4	39,9	0,1	0,000	0,1	0,1	0,1	0,1	0,627
Carbonatos	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Cloruro	139,4	90,9	91	94,5	0,471	16,5	14,2	16,5	15,4	0,363
Alcalinidad	215,5	67,1	81,3	79,3	0,371	52,9	48,8	50,8	54,9	0,330
STD	381,8	53,53	952,3	26,9	0,000	71,5	69,1	68,1	67,1	0,469

### 4.3.1. Propiedades físicas

#### 4.3.1.1. Color del agua

Los valores del color de agua en el mes de enero en PLAMI1 (63,3) se obtuvo un mayor valor y no hay diferencias estadísticamente en PLAM2 (23,0 UTC), PLAMI3 (11,3 UTC) y PLAMI4 (29,7 UTC), lo que es probable que hay un mal manejo en los procesos químicos y los residuales por la adquisición de los metales; también en mayo no hay diferencias significativas entre las otras plantas mineras, esto atribuye por los arrastres de residuales contaminantes que son llevados a otros lugares (Figura 30).



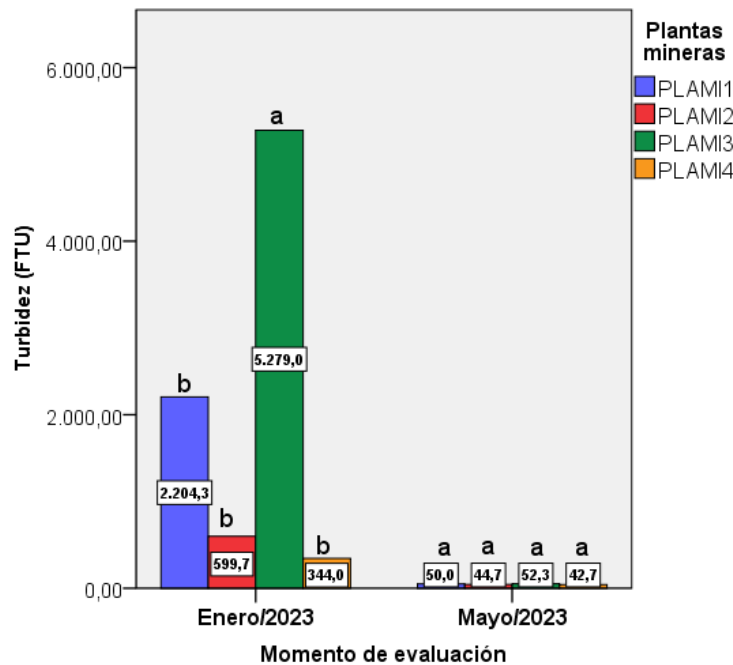
**Figura 30.** Barras de agrupación del color (UTC) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

Los valores promedio del color obtenido en el presente estudio en los meses de enero (31,83 UTC) y mayo (7,17 UTC) diferente con lo obtenido por Agudelo-Calderon et al. (2016) en un estudio realizado en Colombia, con el objetivo de evaluar la calidad de agua en áreas de actividad minera en Boyacá, obtuvieron valores promedio en época seca (70 UTC en Paz Río, 67,5 UTC en Samacá, 2,5 UTC en Ramiriquí y 40 en Socha) y en época lluviosa (75 UTC en Paz Río, 32,5 UTC en Samacá, 1,25 UTC en Ramiriquí y 50 en Socha), respectivamente.

#### 4.3.1.2. Turbidez

En el mes de enero la turbidez del agua presenta en PLAMI3 (5279,0 FTU) que alcanzó el mayor valor y diferente estadísticamente en las otras plantas mineras, en PLAMI2 (599,7 FTU) no hay diferencia estadísticamente en PLAMI2 (599,7 FTU) y PLAMI4 (344,0 FTU), es posible que realicen actividades erosivas y la extracción de sedimentos en las minerías; en mayo todas las plantas mineras no presentan diferencias estadísticamente, puede estar asociado por los cambios estacionales como la temperatura (Figura 31).



**Figura 31.** Barras de agrupación de turbidez (mg/l) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

En el presente estudio los valores promedio del color en los meses de enero (2106,75 NTU) y mayo (47,42 NTU) presentan diferencias a lo destacado por Agudelo-Calderon et al. (2016) en un estudio realizado Colombia, que obtuvieron valores en Paz Río (26 en época seca y 81,2 en época lluviosa), Socha (19,8 NTU en época seca y 43,4 NTU en época lluviosa), Samacá (17,2 NTU en época seca y 2,82 NTU en época lluviosa) y Ramiriquí (0,89 en época seca y 1,36 en época lluviosa), está distribuido por las precipitaciones en distintos periodos y áreas establecidas.

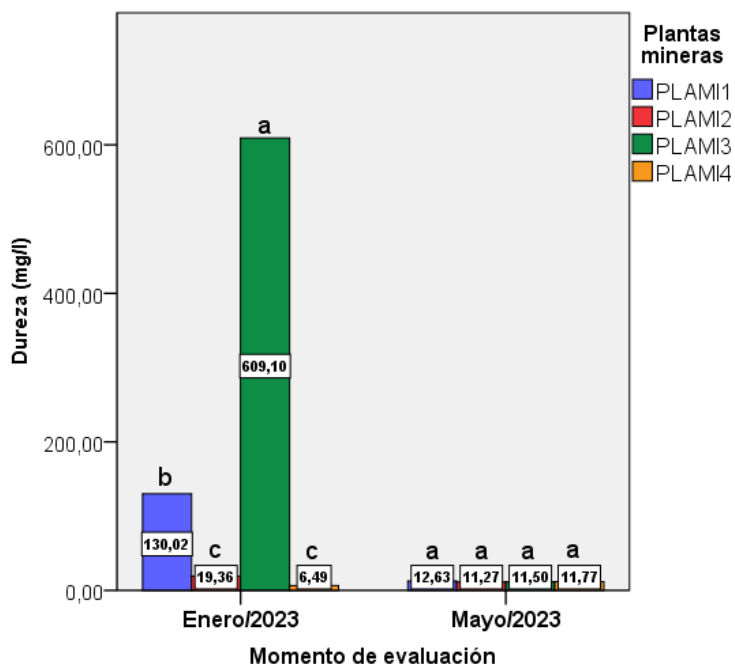
### 4.3.2. Propiedades químicas

#### 4.3.2.1. Dureza del agua

En enero se obtuvo el mayor valor de dureza del agua (609,10 mg/l) en la zona de descarga de los residuales de la PLAMI3, diferente estadísticamente a lo alcanzado en PLAMI1 (130,02 mg/l), PLAMI2 (19,36 mg/l) y PLAMI4 (6,49 mg/l). Es probable que en la PLAMI3 se realice un proceso de lavado con el uso excesivo de productos químicos. En el mes de enero se obtiene mayores valores de dureza en comparación con mayo, lo que



puede estar condicionado por la ocurrencia de lluvias en los meses anteriores de mayo del arrastre de la contaminación aguas abajo (Figura 32).

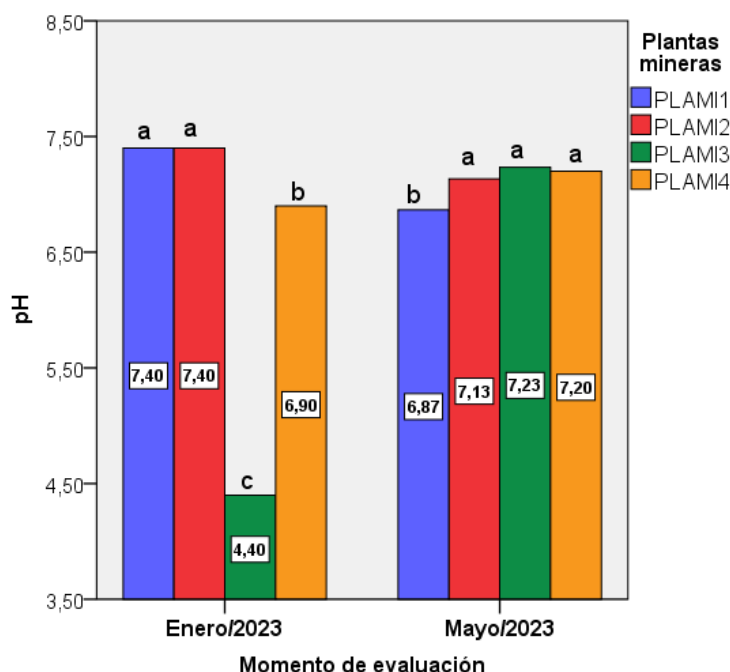


**Figura 32.** Barras de agrupación de dureza (mg/l) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

#### 4.3.2.2. pH del agua

En enero los valores de pH se obtuvieron el menor valor en PLAMI3 (7,23) hay diferencias estadísticamente a las otras plantas mineras. En PLAMI1 y PLAMI2 obtuvieron un valor de 7,40 no hay diferencias estadísticamente, está relacionado con las actividades mineras, construcciones y el removimiento del suelo. En el mes de mayo presenta diferencias estadísticamente en PLAMI1 (6,87); mientras, en PLAMI2 (7,13) no hay diferencias estadísticamente en PLAMI3 (7,23) y PLAMI4 (6,90); lo que está atribuido por el escurrimiento de sustancias contaminantes (Figura 33).



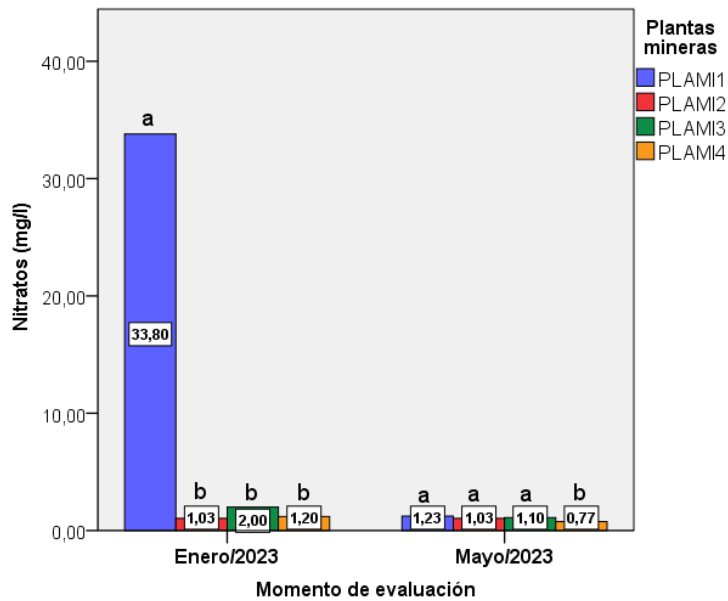
**Figura 33.** Barras de agrupación de pH por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

Los valores promedio del pH obtenidos en el presente estudio en los meses de enero (6,5) y mayo (7,1) coincide con lo obtenido por Meza-Duman et al. (2022), en un estudio desarrollado en la comunidad minera de Ollachea en Perú, con el objetivo de analizar los parámetros fisicoquímicos en el río de Oscocachi, obtuvieron un promedio de 6,8; no presentan impactos negativos en las personas y en la agricultura.

#### 4.3.2.3. Nitratos del agua

Los valores superiores de los nitratos del agua en enero se obtuvieron en PLAMI1 (33,80 mg/l) diferente estadísticamente entre las otras plantas mineras, en PLAMI2 (1,03 mg/l), no hay diferencias estadísticamente en PLAMI3 (2,00 mg/l) y PLAMI4 (1,20 mg/l); es posible que en PLAMI1 esta planta descargan aguas residuales de mayor concentración lo cual contaminar el río. En mayo no hay diferencias estadísticamente en PLAMI1 (1,23 mg/l), PLAMI2 (1,03 mg/l), PLAMI3 (1,03 mg/l) y diferente en PLAMI4 (0,77 mg/l), lo que puede estar asociados por las fuertes lluvias que pueden provocar un aumento de escorrentía (Figura 34).



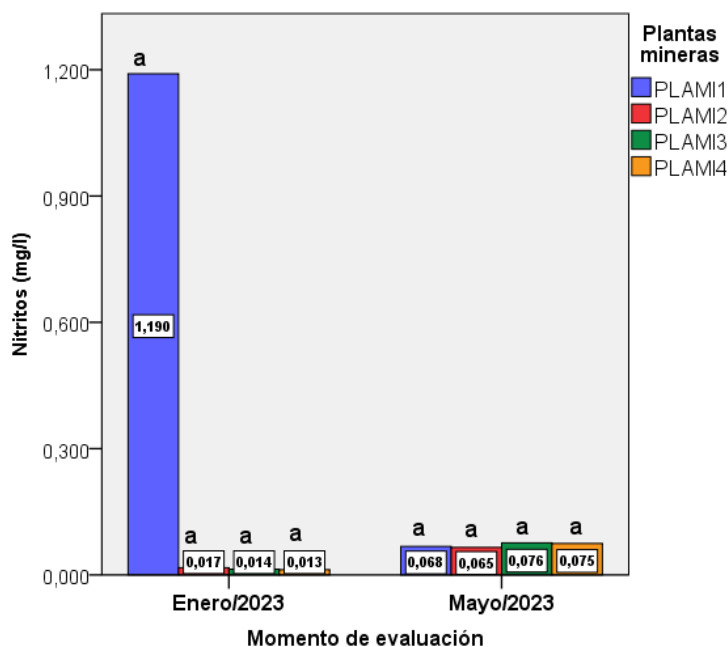
**Figura 34.** Barras de agrupación de nitratos (mg/l) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

Los resultados promedio de nitratos del agua en el mes de enero (9,50 mg/l) y mayo (1,03 mg/l) diferente a lo obtenido por Zamora et al. (2017) con el objetivo en determinar la calidad de las aguas subterráneas en las áreas mineras en el departamento de Oruro-Bolivia; alcanzaron valor en Machacamarca (0 mg/l), Toledo (10,14 mg/l), Challacollo (0 mg/l), Antequera (0,08 mg/l) y Huanuni (0 mg/l); respectivamente está asociado por las altas precipitaciones.

#### 4.3.2.4. Nitritos del agua

En el mes de enero los valores de nitritos del agua se observan que en PLAMI1 (1,190 mg/l) obtuvo mayor valor y no hay diferencias estadísticamente en PLAMI2 (0,017 mg/l), PLAMI3 (0,014 mg/l) y PLAMI4 (0,013 mg/l); lo que puede atribuir que en PLAMI3 al remover el suelo y extraer los minerales estas aumentaría la contaminación a través de los vertimientos de aguas residuales. En el mes de enero y mayo no hay diferencias estadísticamente significativas, está asociado por el movimiento de las lluvias que pueden arrastrar estos contaminantes (Figura 35).

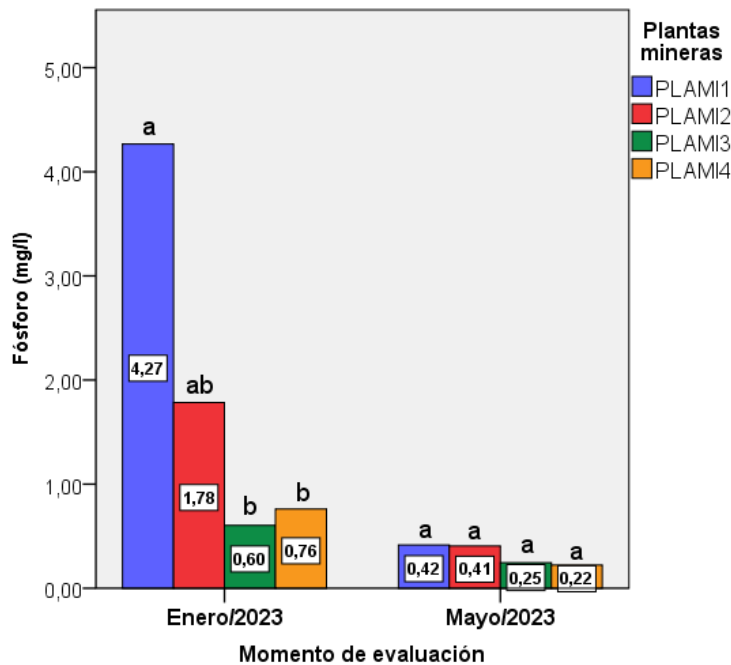


**Figura 35.** Barras de agrupación de nitritos (mg/l) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

#### 4.3.2.5. Fósforo del agua

En enero el fósforo del agua alcanzó el mayor valor en PLAMI1 (4,27 mg/l) diferente estadísticamente entre las otras plantas mineras, ya que en PLAMI3 (0,60 mg/l) no hay diferencias estadísticamente en PLAMI4 (0,76 mg/l); es factible que en PLAMI1 está asociado por la actividad minera ya que las descargas de aguas pueden provocar contaminación de los ríos a mayor concentración. En mayo no presentaron diferencias estadísticamente en todas las plantas mineras, lo que puede estar atribuido por las lluvias ya que estas son arrastradas en diferentes áreas (Figura 36).

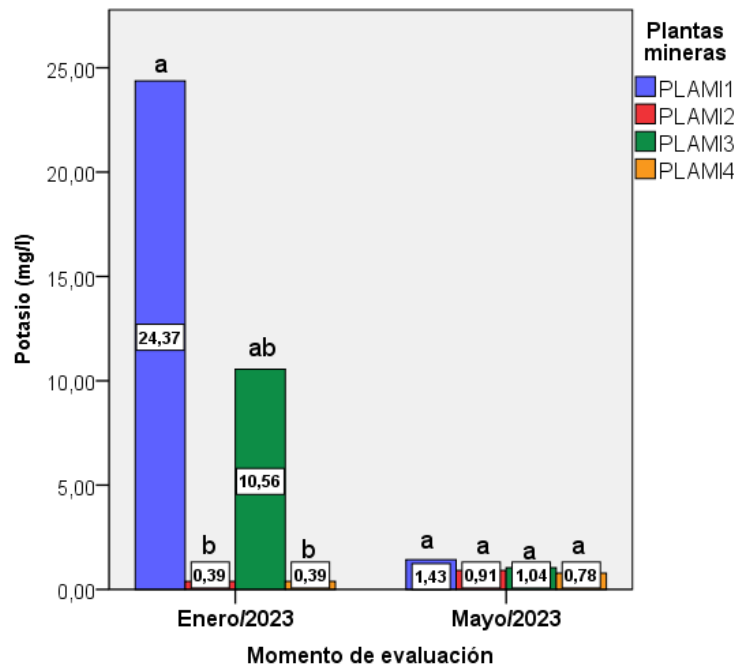


**Figura 36.** Barras de agrupación de fósforo (mg/l) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

#### 4.3.2.6. Potasio del agua

Los valores del potasio del agua en enero el mayor valor en PLAMI1 (24,37 mg/l) diferente estadísticamente al PLAMI3 (10,53 mg/l), lo que es posible que tenga un mal manejo en estas dos plantas mineras y que los niveles de contaminación hayan aumentado por la liberación de aguas residuales y con otros minerales. En mayo los valores de potasio PLAMI 1 (1,43 mg/l) no hay diferencias estadísticamente significativas en PLAMI2 (0,91 mg/l), PLAMI3 (1,04 mg/l) y PLAMI4 (0,75 mg/l); lo que atribuye por los arrastres de minerales y son transportados en otras áreas (Figura 37).



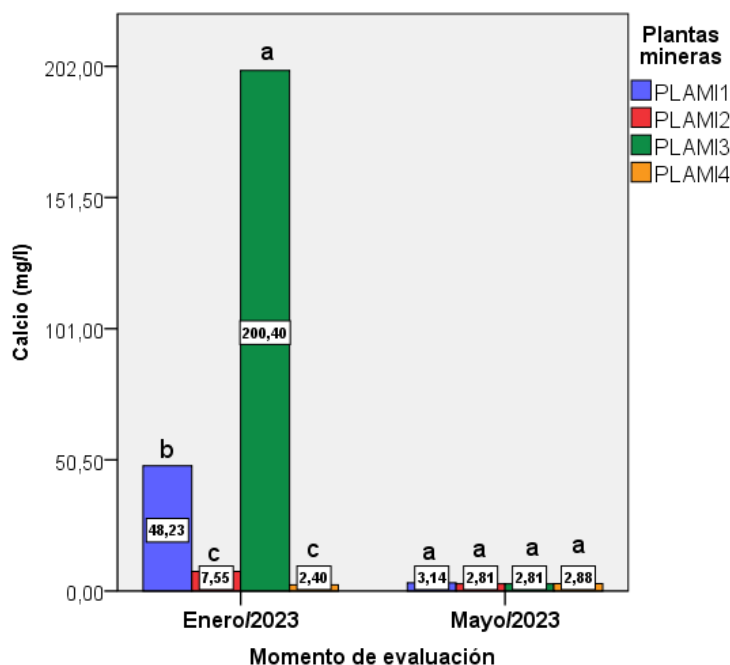
**Figura 37.** Barras de agrupación de potasio (mg/l) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

Los resultados promedio de potasio del agua en el mes de enero (8,93 mg/l) y mayo (1,04 mg/l) diferente a lo obtenido por Zamora et al. (2017) en Bolivia; quienes alcanzaron valores de 5,9 mg/l en Machacamarca, 7,35 mg/l en Toledo, mg/l en Challacollo, 2,98 mg/l en Antequera y 2,41 mg/l en Huanuni; está asociado por las lluvias que son arrastradas por diferentes áreas.

#### 4.3.2.7. Calcio del agua

En el mes de enero se adquirieron en PLAMI3 (200,40 mg/l) el mayor valor de calcio y diferente estadísticamente en todas las áreas mineras; mientras en PLAMI2 (7,55 mg/l) no hay diferencias estadísticamente, lo que puede atribuirse por el manejo incorrecto en los productos químicos. En mayo en el calcio no hay diferencias estadísticamente en PLAMI1(3,14 mg/l), PLAMI2 (2,81 mg/l), PLAMI3 (2,81 mg/l) y PLAMI4 (2,88 mg/l), está asociada por las lluvias ya que estos son desplazados a un cuerpo de agua (Figura 38).

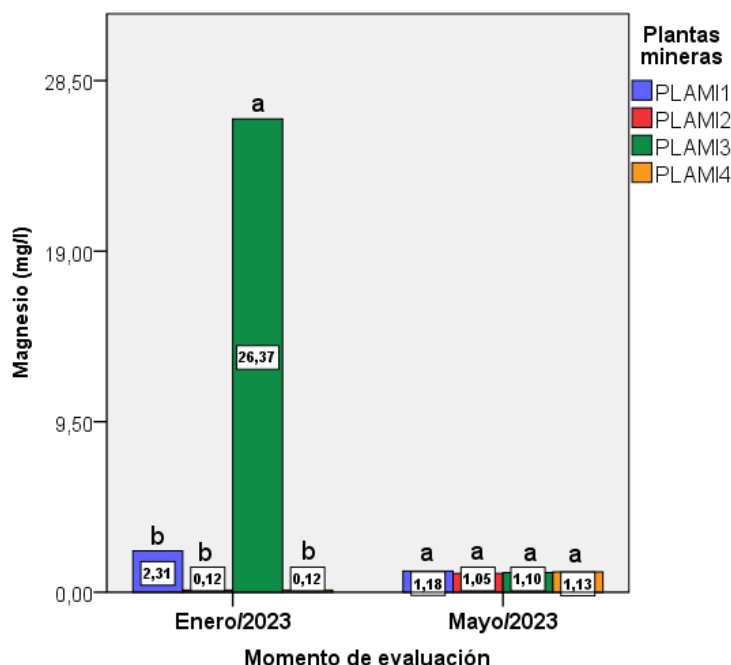


**Figura 38.** Barras de agrupación de calcio (mg/l) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

#### 4.3.2.8. Magnesio del agua

Los valores de magnesio en enero, se obtuvieron mayor valor en PLAMI3 (26,37 mg/l) diferente estadísticamente a las otras plantas mineras. PLAMI1 (2,31 mg/l) no hay diferencias estadísticamente en PLAMI2 (10,12 mg/l) y PLAMI4 (0,12 mg/l); es posible que en PLAMI3 en esta actividad mineras pueden alterar el flujo de aguas y la liberación de magnesio contaminando estas aguas. En mayo no presentan diferencias estadísticamente en PLAMI1 (1,18 mg/l), PLAMI2 (1,05 mg/l), PLAMI3 (1,10 mg/l) y PLAMI4 (1,13 mg/l), lo que atribuye en las altas precipitaciones, ya que estas son arrastradas y llevadas a otras áreas (Figura 39).



**Figura 39.** Barras de agrupación de magnesio (mg/l) por las plantas mineras.

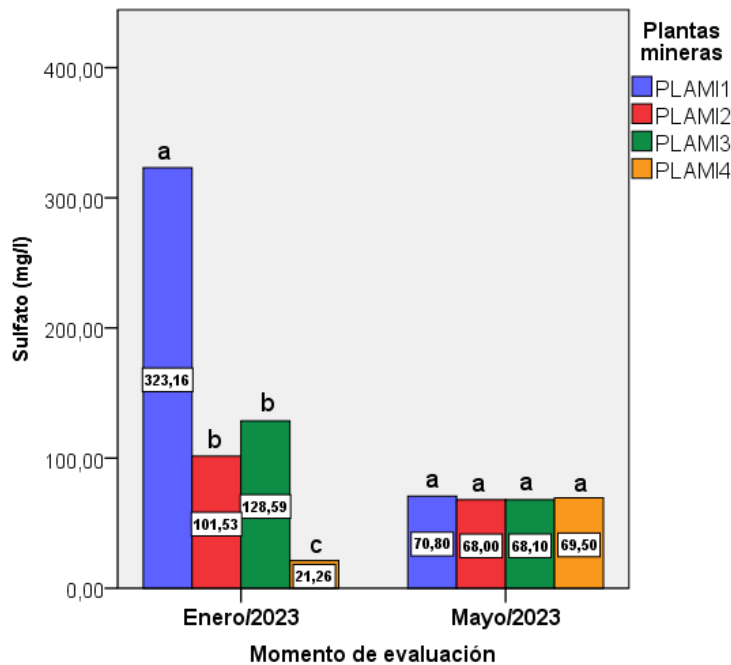
\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

Los valores promedio de magnesio del agua obtenidos en el presente estudio en los meses enero en inicio de lluvias (7,23 mg/l) y en mayo finales de lluvia (1,11 mg/l), diferente a lo obtenido por Huaranga-Moreno et al. (2021) en un estudio desarrollado en La Libertad-Perú; alcanzaron un valor de 1119 mg/l en la quebrada Cushmun y 0,030 mg/l en el área minera Virgen de la Puerta; son asociadas por las precipitaciones en el diferentes meses.

#### 4.3.2.9. Sulfato del agua

En enero alcanzaron mayor valor en PLAMI1 (323,16 mg/l) diferente estadísticamente a las otras plantas mineras; mientras, en PLAMI3 (101,53 mg/l) no hay diferencias estadísticamente al PLAMI2 (101,53 mg/l); lo que está asociado por las actividades mineras que esto aumenta las concentraciones de sulfatos ocasionando mayor contaminación en las aguas. En mayo no presentan diferencias estadísticamente en PLAMI1 (70,80 mg/l), PLAMI2 (68,00 mg/l), PLAMI3 (68,10 mg/l) y PLAMI4 (69,50 mg/l), lo que está asociado por las lluvias ya que logran liberan y arrastran los minerales contaminantes (Figura 40).



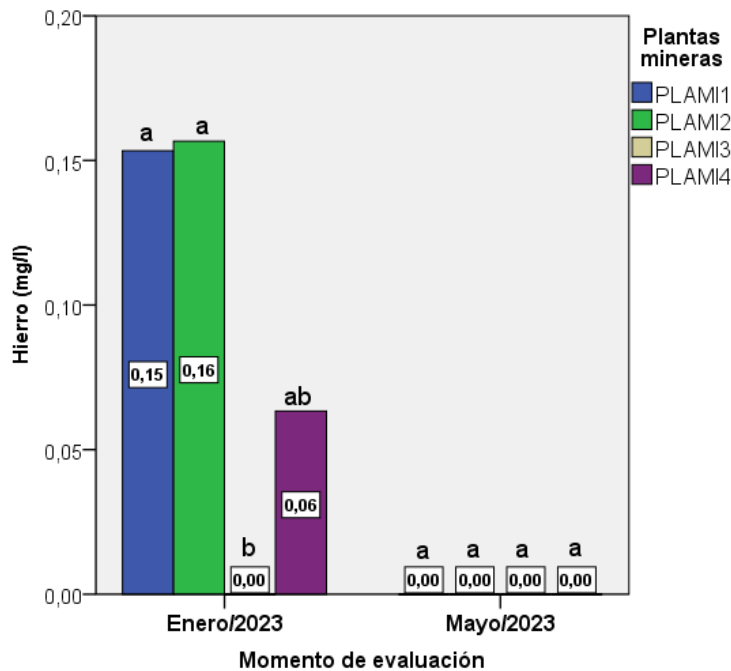


**Figura 40.** Barras de agrupación de sulfato (mg/l) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

#### 4.3.2.10. Hierro del agua

En enero los mayores valores de hierro se obtuvieron en PLAMI2 (0,16 mg/l) no hay diferencia estadísticamente en PLAMI1 (0,15 mg/l) y diferente estadísticamente en PLAMI3 (0,00 mg/l) y PLAMI4 (0,06 mg/l); lo que es posible que en PLAMI2 y PLAMI3 puede estar asociado por las actividades mineras en el proceso de drenaje ácido de mina, la excavación y procesamiento de minerales, provocando mayor concentración de contaminantes. En mayo no se presentan diferencias estadísticas entre las plantas mineras, lo que puede estar distribuidos por las altas precipitaciones que ocurre en el área y estos minerales son arrastrados y transportados en otros lugares (Figura 43).



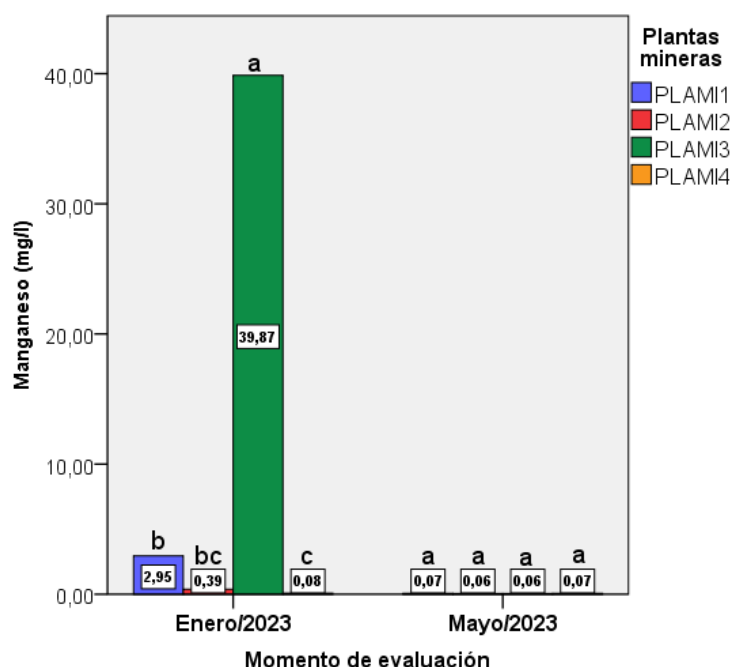
**Figura 41.** Barras de agrupación de hierro (mg/l) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

Los valores promedio de hierro obtenidos en el presente estudio en época de inicio de lluvias en enero (0,09 mg/l) y finales de lluvia en mayo (0,00 mg/l) diferente a lo obtenido por Núñez et al. (2021) obtuvieron valores en época seca (2,93 mg/l en minera Coimolache y 0,14 en minera Gold Field) y en época lluviosa (0,21 mg/l en minera Coimolache y 0,55 mg/l en la minera Gold Field); evidenciándose que en menor concentración no presentan daños al ser humano.

#### 4.3.2.11. Manganeso del agua

En el mes de enero se alcanzaron valores superiores en PLAMI3 (39,87 mg/l) diferencia estadísticamente en PLAMI1 (2,95 mg/l), PLAMI2 (0,39 mg/l) y PLAMI4 (0,08 mg/l); lo que es posible que en PLAMI3 causó mayor contaminación de manganeso por el mal uso de los metales pesados y no poder eliminar por completo. En mayo no presentan diferencias estadísticamente en todas las áreas mineras, lo que puede estar asociado por las lluvias ya que estas son llevadas a otras áreas (Figura 44).



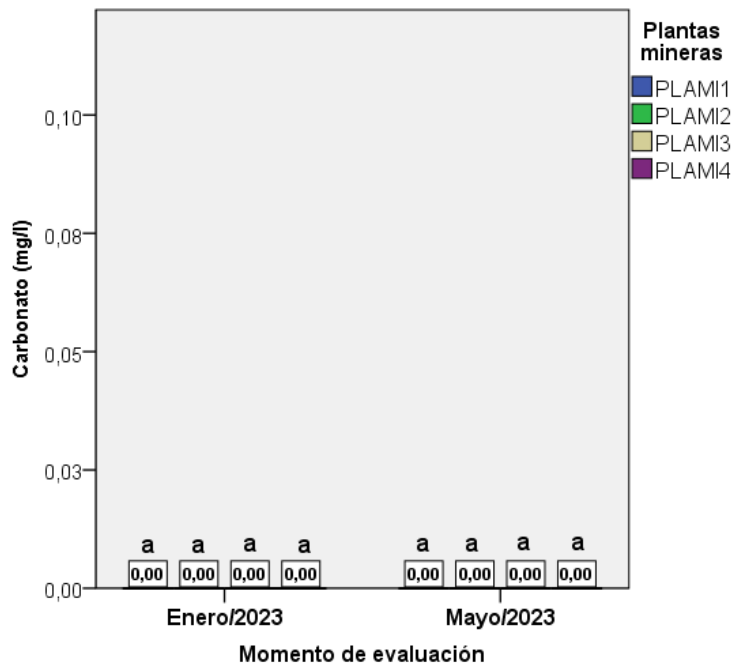
**Figura 42.** Barras de agrupación de manganeso (mg/l) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

En el presente estudio los resultados del promedio de manganeso del agua alcanzaron en los meses de enero (10,82 mg/l) y en mayo (0,06 mg/l) adquirieron valores diferentes a lo obtenido por Núñez et al. (2021) en un estudio desarrollado en Cajamarca; que alcanzaron valores promedio en la Minera Coimolache (0,78 mg/l en época seca y 0,02 mg/l en época de lluvia) y minera Gold Field (0,05 mg/l en época seca y 0,01 mg/l en época de lluvia), se asocian por las precipitaciones que se presentan en estos meses.

#### 4.3.2.12. Carbonato del agua

Los meses de enero y mayo obtuvieron los mismos valores en carbonato y no presentan diferencias estadísticamente en todas las plantas mineras; indicando que no hay presencia de metales pesados en el agua, esto puede atribuirse al hecho de que las aguas residuales procedentes de la extracción y procesamiento de minerales se tratan frecuente en las instalaciones mineras (Figura 45).

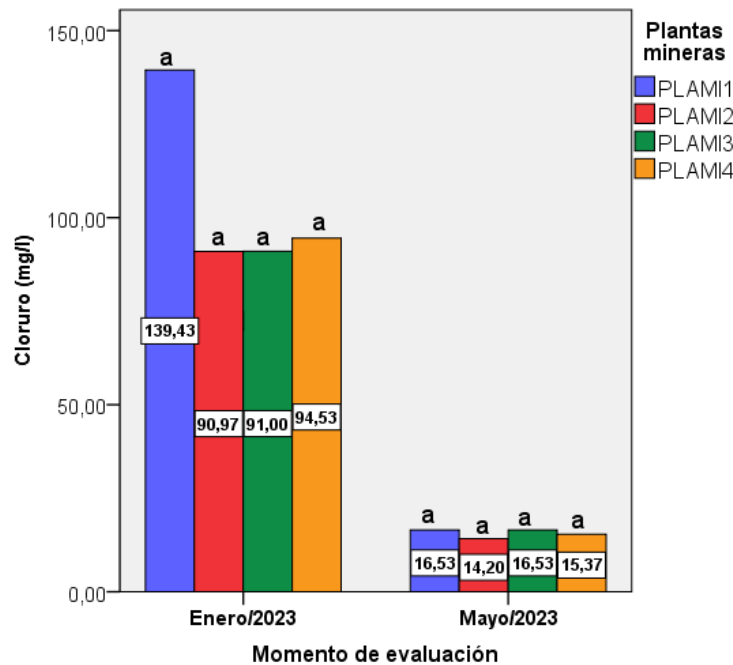


**Figura 43.** Barras de agrupación de carbonato (mg/l) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

#### 4.3.2.13. Cloruro del agua

Los valores de cloruro de agua en el mes enero en PLAMI1 (139,43 mg/l) se alcanzaron un mayor valor y no muestran diferencias estadísticamente en PLAMI2 (90,97 mg/l), PLAMI3 (91,00 mg/l) y PLAMI4 (94,53 mg/l); está asociados por las actividades mineras y la lixiviación de minerales. En el mes de enero y mayo no hay diferencias estadísticamente en todas las áreas mineras; puede estar asociados por las lluvias ya que son arrastrados en otros lugares, sin dejar mayor concentración de cloruro en el agua (Figura 46).



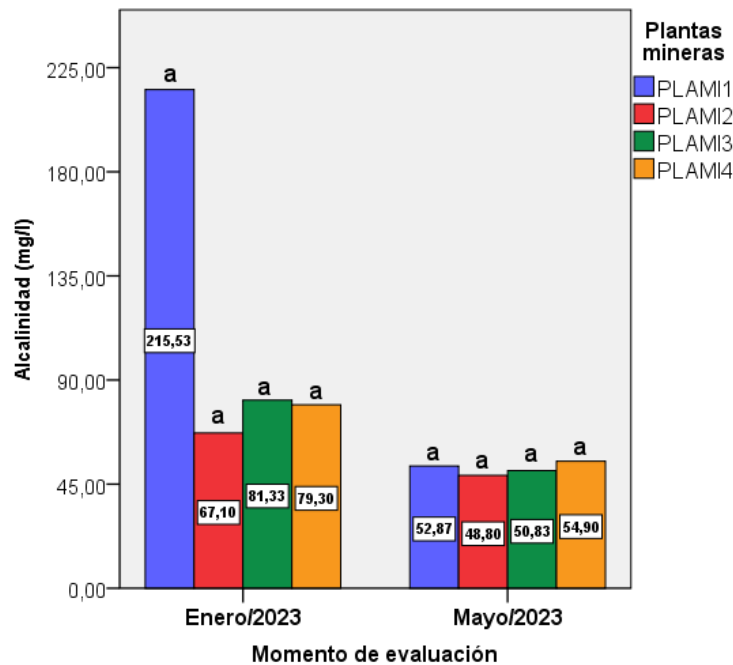
**Figura 44.** Barras de agrupación de potasio (mg/l) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

Los resultados promedio de cloruro del agua en el mes de enero en época de inicio de lluvia (103,98 mg/l) y mayo a finales de lluvia (15,65 mg/l) diferente a lo obtenido por Zamora et al. (2017) con el objetivo en determinar la calidad de las aguas subterráneas en las áreas mineras en el departamento de Oruro-Bolivia; alcanzaron valor en Machacamarca (21,61 mg/l), Toledo (39,08 mg/l), Challacollo (763,42 mg/l), Antequera (6,07 mg/l) y Huanuni (5,69 mg/l); está asociado por las lluvias que son arrastradas por diferentes áreas.

#### 4.3.2.14. Alcalinidad del agua

En enero se obtuvieron en mayor valor en PLAMI1 (215,53 mg/l) muestran diferencias estadísticamente al PLAMI3 (81,33 mg/l), PLAMI4 (79,30 mg/l), PLAMI2 (67,10 mg/l); ya que la eliminación de desechos mineros puede afectar los niveles de alcalinidad del agua y los derrames pueden afectar la liberación de otros contaminantes; en mayo se mostraron que no hay diferencias estadísticamente en todas las plantas mineras, lo que puede estar asociados por las escorrentías que los minerales son trasladados en otras áreas (Figura 47).

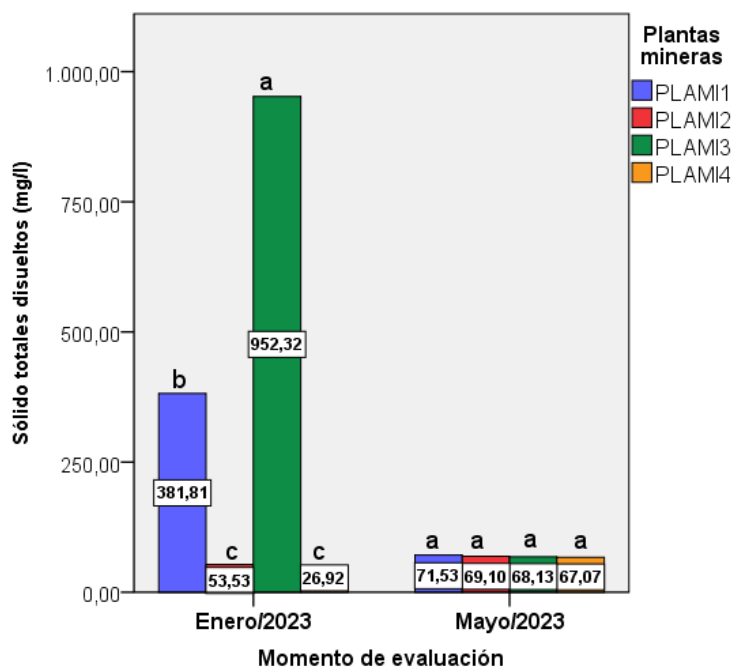


**Figura 45.** Barras de agrupación de potasio (mg/l) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

#### 4.3.2.15. STD del agua

Los valores altos de STD, muestran diferencias estadísticamente en las plantas de objeto de estudio, se observan que en PLAMI3 (952,32 mg/l) alcanzó mayor valor en PLAMI1 (381,81 mg/l) diferente al PLAMI2 (53,53 mg/l) igual estadísticamente en PLAMI4 (26,92 mg/l); es probable que en PLAMI3 tenga un impacto en el sector minero porque producen aguas residuales y generan variedades por los minerales. En mayo no presentan diferencias estadísticamente a las todas las plantas mineras, indicando que las lluvias arrastran los sedimentos de metales para otros lugares (Figura 48).



**Figura 46.** Barras de agrupación de sólidos totales disueltos (mg/l) por las plantas mineras.

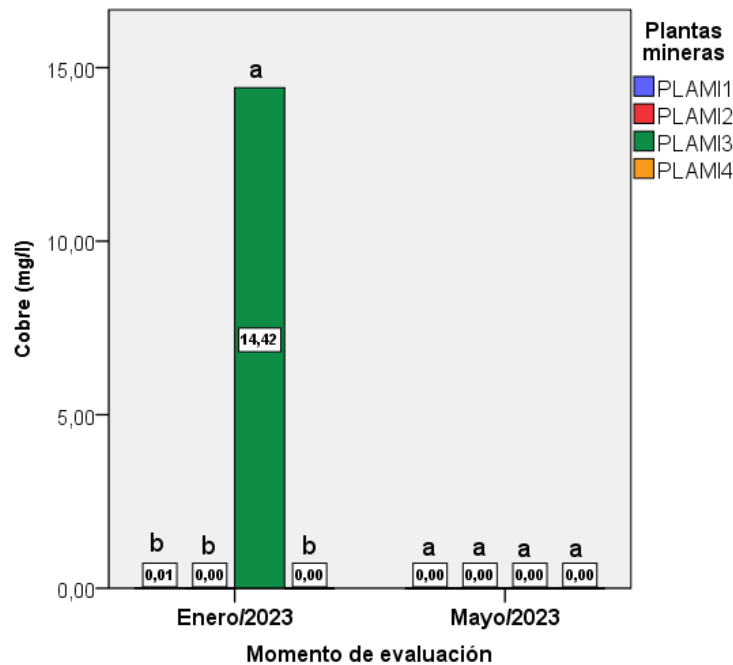
\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

Los valores promedio del STD obtenidos en el presente estudio en los meses de enero (353,65 mg/l) y mayo (68,96 mg/l) presentan diferencias con lo obtenido por Núñez et al. (2021) en un estudio desarrollado en el río Tingo, que alcanzaron un valor promedio en la Minera Coimolache (175 mg/l época de lluvia y 143 en época seca) y minera Gold Field (365 mg/l en época de lluvia y 148 mg/l en época seca).

### 4.3.3. Metales pesados

#### 4.3.3.1. Cobre del agua

Los valores del cobre del agua, en PLAMI3 (14,42 mg/l) se obtuvo mayor valor y diferente estadísticamente al resto de las plantas mineras. En PLAMI1 (0,01 mg/l) no presentan diferencias estadísticamente al PLAMI2 (0,00 mg/l) y PLAMI4 (0,00 mg/l); es posible que en el PLAMI3 en esta actividad derraman excesivamente los desechos metálicos. En mayo no hay diferencia estadísticamente en todas las plantas mineras y está asociada por las gestiones mineras por el manejo y la extracción de minerales (Figura 42).



**Figura 47.** Barras de agrupación de cobre (mg/l) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

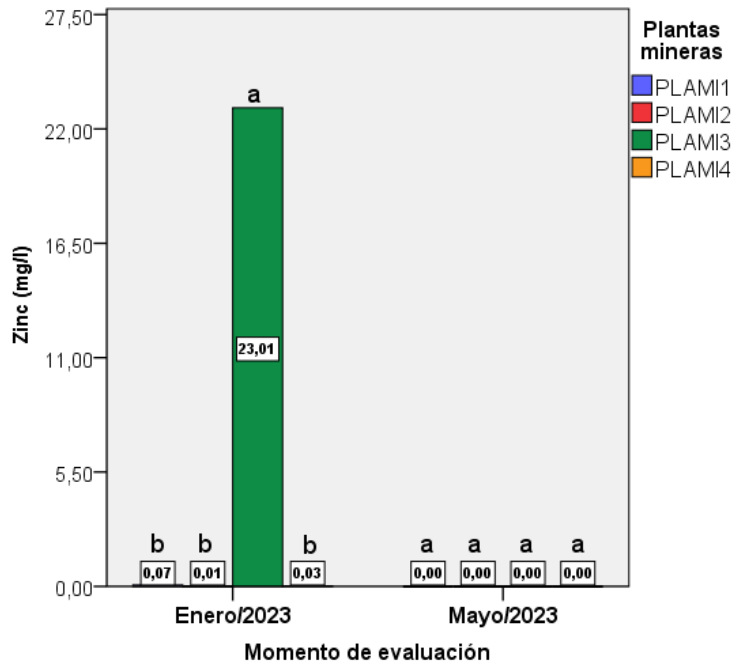
Los resultados del promedio de cobre del agua obtenidos en el presente estudio en los meses de enero (3,6 mg/l) y mayo (0,0 mg/l) diferente a lo obtenido por Núñez et al. (2021), en un estudio desarrollado en Cajamarca, Perú, con el objetivo de evaluar los parámetros fisicoquímicos en el estado ecológico del río Tingo en época seca y lluviosa; en las cuales obtuvieron en la época seca en Minera Coimolache (0,09 mg/l) y en minera Gold Field (0,03 mg/l); en época lluviosa en Minera Coimolache (0,04 mg/l) y minera Gold Field (0,03 mg/l), en este caso no presentan un impacto negativo para la salud humana.

#### 4.3.3.2. Zinc del agua

En mes de enero los valores altos de zinc se adquirieron en PLAMI3 (23,01 mg/l) diferente estadísticamente al resto de las plantas mineras. En PLAMI1 (0,07 mg/l) no hay diferencias estadísticamente al PLAMI2 (0,01 mg/l) y PLAMI4 (0,03 mg/l). Es posible que en la PLAMI3 alcanzó mayor valor de zinc en comparación con mayo, lo que puede estar asociado por el mal manejo en el proceso de extracción de los minerales; sin embargo, en el mes de mayo no presentan diferencias estadísticamente, esto se basa por



las precipitaciones ya que pueden arrastrar los minerales en diferentes áreas de almacenamiento (Figura 41).



**Figura 48.** Barras de agrupación de zinc (mg/l) por las plantas mineras.

\*Letras diferentes, dentro de cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre las plantas mineras para un  $p\text{-valor} \leq 0,05$  (prueba de Duncan).

Los valores promedio del zinc del agua obtenido en el presente estudio en los meses de enero (5,77 mg/l) y mayo (0,00 mg/l) diferente a lo obtenido por Huaranga-Moreno et al. (2021) quienes desarrollaron un estudio con la finalidad de evaluar los elementos químicos en el depósito de relaves que obtuvieron valores promedio en la quebrada Cushmun (697,00 mg/l) y en el área minera Virgen de la puerta (0,14 mg/l); presentan mayor contaminación y ocasionan daños al ser humano.

## 5. CONCLUSIONES

- Los puntos que se realizaron la toma de muestra de los efluentes de cada planta minera al río Amarillo fueron Planta minera de Beneficio Centenario (3°43'17" S; 79°38'31,9" W), planta beneficio León (3°44'38,4" S; 79°38'26,7" W), Planta minera Beneficio Aguilar (3°44'33,0" S; 79°38'25,4" W) y planta Oro metal (3°44'44,5" S y 79°38'29,1" W) ubicadas en la provincia de El Oro cantón Portovelo.
- El análisis obtenido de los parámetros físicos (color y dureza) y químicos (nitratos, nitritos, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sulfato, manganeso, alcalinidad) y metales pesados (cobre y zinc) estas variables se encuentran por encima del LMP; que provoca serios problemas a las personas al momento de consumirlos.
- En el área de depósito de residuales de las plantas mineras PLAMI3 y PLAMI1 se obtuvieron valores de dureza (609,1 mg/l) y color del agua (63,3 UTC), en el mes de enero, superiores al LMP por la norma ecuatoriana (300 mg/l y 15 UTC respectivamente).
- De las 4 plantas de beneficio de minería metálica analizadas, la planta 3 es la que generó mayor impacto por sus descargas de sus efluentes que van al cuerpo hídrico del río amarillo con una concentración de dureza 609,1 mg/l, turbidez 5279,0 NTU, calcio 200,4 mg/l, manganeso 39,87 mg/l, cobre 14,42 mg/l y zinc 23,01 mg/l; sobrepasando al LMP de la normativa INEN 1 108:2006; en dureza 300 mg/l, turbidez 5 NTU, calcio 70 mg/l, manganeso 0,1 mg/l, cobre 1,0 mg/l y zinc 3 mg/l; ocasionando problemas al ser humano.
- El agua no es apta para consumo humano porque tiene muchos contaminantes, tomar en cuenta que los metales pesados son arrojados por las plantas de beneficio como el cianuro, mercurio, plomo, azufre y cadmio, en el hecho que son vertidos y se encuentran en los ríos cercanos de la actividad minera en Portovelo.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Para mejorar la calidad de agua en la cuenca hidrográfica del río Amarillo se debe establecer políticas de control para su cumplimiento de las descargas de sus efluentes a las plantas mineras.
- Que el personal de las plantas mineras tenga capacitaciones de las buenas prácticas de manejo y que sean acreditados.
- Que las entidades de control que de manera periódica analicen los efluentes mineros por las descargas a los cuerpos hídricos contiguos.
- Las entidades de control inspeccionen frecuentemente las descargas de sus efluentes.
- Quien contamine pague como derechos del buen vivir.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, S., & Mora, B. (2007). Contaminación del agua. *Revista de Educación Ambiental Biocenosis*, 20(1–2), 137–139. <https://doi.org/10.17163/ings.n1.2007.04>
- Agudelo-Calderon, C., Quiroz-Arcental, L., García-Ubaque, J., Robledo-Martínez, R., & García-Ubaque, C. (2016). Evaluación de condiciones ambientales: aire, agua y suelo en áreas de actividad minera en Boyacá, Colombia. *Rev. Salud Pública*, 18(1), 50–60. <https://scielosp.org/pdf/rsap/2016.v18n1/50-60/es>
- Aguilar, J. D. (2016). *Plan de estratégico para el desarrollo del turismo sostenible en el cantón Portovelo, provincia de El Oro 2015-2020*. [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16467/1/Aguilar\\_Zhigüe\\_José\\_Dani\\_lo.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16467/1/Aguilar_Zhigüe_José_Dani_lo.pdf)
- Aguirre, M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual Redesma*, 5(1), 1–12. [http://www.siagua.org/sites/default/files/documentos/documentos/cuencas\\_m\\_aguire.pdf](http://www.siagua.org/sites/default/files/documentos/documentos/cuencas_m_aguire.pdf)
- Alfie, M. (2005). El agua en la Frontera México-Estados: Reto político-ambiental. *Espacio Abierto*, 14(2), 216–238. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81632390013.pdf>
- Ambiente, M. del. (2002). Delimitación Y Codificación De Las Cuencas Hidrográficas. *División Hidrografica Del Ecuador*, 29. [http://intranet.comunidadandina.org/Documentos/Reuniones/DTrabajo/SG\\_REG\\_EMAB\\_IX\\_dt 3\\_Ax2.pdf](http://intranet.comunidadandina.org/Documentos/Reuniones/DTrabajo/SG_REG_EMAB_IX_dt 3_Ax2.pdf)
- Appleton, J., Williams, T., Orbea, H., & Carrasco, M. (2001). Fluvial contamination associated with artisanal gold mining in the Ponce Enríquez, Portovelo-Zaruma and Nambija areas, Ecuador. *Water, Air, and Soil Pollution*, 131(1–4), 19–39. <https://doi.org/10.1023/A:1011965430757>
- Astete, J., Cáceres, W., Gastañaga, M., Lucero, M., Sabastizagal, I., Oblitas, T., Pari, J., & Rodríguez, F. (2009). Intoxicación por plomo y otros problemas de salud en niños de poblaciones Aledañas a relaves mineros. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 26(1), 15–19. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v26n1/a04v26n1.pdf>
- Baque-Mite, R., Simba-Ochoa, L., González-Ozorío, B., Suatunce-Pedro, Díaz-Ocampo, E., & Cadme-Arevalo, L. (2016). Calidad del agua destinada al consumo

- en un canton de Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 9(20), 109–117.
- Bolaños-Alfaro, J. (2014). Determinación de cationes en agua potable del cantón de Grecia, Costa Rica por absorción atómica. *Intersedes. Revista Electrónica de Las Sedes Regionales de La Universidad de Costa Rica.*, XV(30), 95–106.  
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/is/v15n30/a05v15n30.pdf>
- Braz, A., Mirandola, P., Pinto, A., Salinas, E., & Oliveira, I. (2020). Manejo integrado de cuencas hidrográfico: posibilidades y avances de uso y cobertura de la tierra. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 69–85.  
<https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.76232>
- Briñez, K., Guarnizo, J., & Arias, S. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30(2), 175–182. <http://redalyc.org/articulo.oa?id=12023918006>
- Brousett-Minaya, M., Rondan-Sanabria, G., Chirinos-Marroquín, M., & Biamont-Rojas, I. (2021). Impacto de la minería de aguas superficiales de la Región Puno-Perú. *Fides Et Ratio*, 21, 187–207.  
[http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v21n21/v21n21\\_a11.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v21n21/v21n21_a11.pdf)
- Cacciuttolo, C., & Cano, D. (2022). Environmental Impact Assessment of Mine Tailings Spill Considering Metallurgical Processes of Gold and Copper Mining: Case Studies in the Andean Countries of Chile and Peru. *Water (Switzerland)*, 14(19), 1–30. <https://doi.org/10.3390/w14193057>
- Calvo, G., & Mora, J. (2007). Evaluación y clasificación preliminar de la calidad del agua de la cuenca del río Tárcoles y el Reventazón. Parte I: Análisis de la contaminación de cuatro ríos del área metropolitana. *Revista Tecnología En Marcha*, 20(2), 1–9.  
[http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/46/45](http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/46/45)
- Casadiego, E., Gutiérrez, A. ;, Herrera, M., & Villanueva, M. (2017). Manejo estratégico de la producción de residuos estériles de minería sustentable, utilizando prácticas mineras eco-eficientes en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental, UNAD*, 8(2), 107–118.  
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2035/2290>
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 111–124.  
<https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>
- Chulluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería*

- Industrial*, 029, 153–224.  
[https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria\\_industrial/article/view/232/208](https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/232/208)
- Cotler, H., Galindo, A., González, I., Pineda, R., & Ríos, E. (2020). Cuenca hidrográficas: fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. In *Semarnat* (Primera, Vol. 21, Issue 1).  
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>
- Cuenca, M., Espinoza, Y., Mayorga, M., & Caller, J. (2019). Aguas residuales mineras en la inocuidad de la naranja cultivada a cercanías del río amarillo. *Revista MktDescubre - ESPOCH FADE*, 14, 31–41.  
<https://doi.org/10.36779/mktdescubre.v14.340>
- Cueto, G. (2016). Nuevos usos turísticos para el patrimonio minero en España. *PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 14(4), 1013–1026.  
<https://doi.org/10.25145/j.pasos.2016.14.065>
- Davée, J., Betancourt, O., Rodrigues, M., Barriga, R., Cueva, E., & Betancourt, S. (2011). Long-range effect of cyanide on mercury methylation in a gold mining area in southern Ecuador. *Science of the Total Environment*, 409(23), 5026–5033.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.08.021>
- Estupiñan, R., Romero, P., García, M., Garcés, D., & Valverde, P. (2021). La minería en Ecuador. Pasado, presente y futuro. *Boletín Geológico y Minero*, 132(4), 533–549. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.132.4.010>
- Farias, E., & Pacheco, H. (2010). Manual de capacitaciones a familia. “Cuidemos el agua fuente de vida y salud”. *Fondo Para El Logro de Los ODM*, 2, 1–14.  
<http://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/23.pdf>
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Revista Química Viva*, 11(3), 147–170. <https://doi.org/10.48213/travessia.vi81.866>
- Fuentes, H., Ferrucho-Parra, C., & Martínez-González, W. (2021). La minería y su impacto en el desarrollo económico en Colombia. *Apuntes Del Cenes*, 40(71), 189–216. <https://doi.org/10.19053/01203053.v40.n71.2021.12225>
- GAD. (2019). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2019-2023. *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipio Del Cantón Portovelo*, 1–428.
- García, M., Betancourt, O., Cueva, E., & Guimaraes, J. (2012). Mining and Seasonal Variation of the Metals Concentration in the Puyango River Basin—Ecuador. *Journal of Environmental Protection*, 03(11), 1542–1550.

- <https://doi.org/10.4236/jep.2012.311170>
- Gil-Mora, J. E., Flores, Á., Ochoa, K., & Valencia, N. (2022). Determinación de la pérdida de la calidad de un río urbano en Cusco: Caso Saphy. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*, 6(1), 3722–3748.  
<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/1765>
- Girón, J., Gómez, C., & Recalde, A. (2004). Manual De Manejo de Cuencas. *Word Vision*, 1–154. [https://www.uv.mx/oabcc/files/2018/11/MANUAL-DE-MANEJO-DE-CUENCAS\\_COMPLETO.pdf](https://www.uv.mx/oabcc/files/2018/11/MANUAL-DE-MANEJO-DE-CUENCAS_COMPLETO.pdf)
- Gómez-Duarte, O. (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. *Revista Facultad de Medicina*, 66(1), 7–8.  
<https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775>
- Gonzales, G., Zevallos, A., Gonzales-Castañeda, C., Nuñez, D., Gastañaga, C., Cabezas, C., Naeher, L., Levy, K., & Steenland, K. (2014). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población Peruana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 31(3), 547–556.  
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v31n3/a21v31n3.pdf>
- Granda, M. (2017). Análisis hidrológico y calidad de agua por contenido de sólidos, casos de estudio: río calera y amarillo-cuenca del Puyango. *Universidad Técnica Particular de Loja*, 1–327.
- Guadarrama-Tejas, R., Kido-Miranda, J., Roldan-Antunez, G., & Salas-Salgado, M. (2016). Contaminación de agua. *ECORFAN® Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), 1–10.  
[https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias\\_Ambientales\\_y\\_Recursos\\_Naturales/vol2num5/Revista\\_de\\_Ciencias\\_Ambientales\\_y\\_Recursos\\_Naturales\\_V2\\_N5\\_1.pdf](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf)
- Guillén, V., Teck, H., Kohlmann, B., & Yeomans, J. (2012). Microorganismos Como Bioindicadores de calidad de aguas. *Tierra Tropical*, 8(1), 65–93.  
[https://www.researchgate.net/publication/279448839\\_MICROORGANISMOS\\_COMO\\_BIOINDICADORES\\_DE\\_CALIDAD\\_DE\\_AGUAS](https://www.researchgate.net/publication/279448839_MICROORGANISMOS_COMO_BIOINDICADORES_DE_CALIDAD_DE_AGUAS)
- Huaranga-Moreno, F., Truxillense, H., Méndez-García, E., & Bernuí-Paredes, F. (2021). Especies bioindicadoras de contaminación por relaves mineros en el Sector Samme, La Libertad-Perú, 2021. *Arnaldoa*, 28(3), 633–650.  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2413-](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-)

32992021000300633

- Iglesias, C., Villarino, A., Martínez, J., Cabrerizo, L., Gargallo, M., Lorenzo, H., Quiles, J., Planas, M., Polanco, I., Romero De Ávila, D., Russolillo, J., Farré, R., Moreno, J., Riobó, P., & Salas-Salvadó, J. (2011). Importancia del agua en la hidratación de la población española: Documento FESNAD 2010. *Nutricion Hospitalaria*, 26(1), 27–36. <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.1.5167>
- Instituto de Toxicología de la Defensa. (2016). Protocolo de Toma de Muestras de Agua Residual. *Defensa.Gob*, 10.
- Juliño, M., Ocaña, F., & Concha, J. (2021). Contaminacion ambiental y su influencia en la salud. *ReNaCientE*, 2(1), 75–90. <https://revistas.investigacion-upelipb.com/index.php/renaciente/article/view/1566>
- Larramendi, M., Verdecia, G., & Plana, M. (2021). Escasez y Contaminacion del agua, realidades del siglo XXI. *Editorial Ciencias Médicas (ECIMED)*, 60(259), 1–7. [https://rev16deabril.sld.cu/index.php/16\\_04/article/view/854/554](https://rev16deabril.sld.cu/index.php/16_04/article/view/854/554)
- Lavandaio, E. (2014). Conozcan más sobre Minería. In *Instituto de Geología y Recursos minerales* (segunda ed). [https://repositorio.segemar.gov.ar/bitstream/handle/308849217/2794/Conozcamos\\_mas\\_sobre\\_Mineria\\_2<sup>a</sup>.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.segemar.gov.ar/bitstream/handle/308849217/2794/Conozcamos_mas_sobre_Mineria_2a.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Lemoine, V. (2012). Agua nuestra de cada día. *Revista de La Sociedad Venezolana de Microbiología*, 32, 3. <http://ve.scielo.org/pdf/rsvm/v32n1/art01.pdf>
- López, M., & Romano, E. (2018). *El Agua*. <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/253/1/495.pdf>
- Marshall, B., Veiga, M., Kaplan, R., Adler, R., Schudel, G., Bergquist, B., Guimarães, J., Sobral, L., & Gonzalez-Mueller, C. (2018). Evidence of transboundary mercury and other pollutants in the Puyango-Tumbes River basin, Ecuador-Peru. *Environmental Science: Processes and Impacts*, 20(4), 632–641. <https://doi.org/10.1039/c7em00504k>
- Martínez, P., & Obela. (2021). La contaminación del agua en la minería. *Facultad de Ciencias de l UNAM*, 11, 9–11. [http://www.obela.org/system/files/Contaminacion del agua en minería.pdf](http://www.obela.org/system/files/Contaminacion_del_agua_en_mineria.pdf)
- Menéndez, J., & Muñoz, S. (2021). Contaminación del agua y suelos por relaves mineros. *Paideia XXI*, 11(1), 141–154. <https://doi.org/10.31381/paideia.v11i1.3622>
- Meza-Duman, R., Hermoza-Gutierrez, M., Maldonado, I., & Salas-Mercado, D. (2022). Percepción Social de la Calidad del Agua y la Expansión Territorial de la Minería



- en Ollachea, Puno, Perú. *Revista de Investigación En Comunicación y Desarrollo.*, 13(1), 16–28. <https://doi.org/10.33595/2226-1478.13.1.580>
- Ministerio del ambiente. (2016). Ordenamiento ambiental integral en la cuenca del río Puyango. *Ministerio Del Ambiente, Diciembre*, 1–96.
- Morales, Ó., & Abril, A. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *MASKANA*, 10(2), 76–88. <https://doi.org/10.18537/mskn.10.02.08>
- Mylavarapu, R., & Kerr, C. (2014). Análisis de Agua. *EDIS*, 1, 1–46. <https://doi.org/10.32473/edis-ss602-2013>
- Nunez, C. (2023). *La contaminación del agua constituye una crisis mundial creciente. Esto es lo que hay que saber*. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/contaminacion-del-agua>
- Núñez, E., Tarrilo, E., Alva, D., Tarrillo, D., & Racón, J. (2021). Impacto de los efluentes mineros en los macroinvertebrados acuáticos en la cabecera del río Tingo, Cajamarca, Perú. *Revista Nor@ndina*, 4(2), 95–112. <https://doi.org/10.37518/2663-6360x2021v4n2p95>
- Ordóñez, J. (2011). ¿ Qué Es Cuenca Hidrológica ? *Sociedad Geológica de Lima*, 1, 1–44. [http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm\\_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca\\_hidrologica.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf)
- Orellana, J. (2005). Características del agua potable. *Ingeniería Sanitaria*, 1–7. [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_03\\_Caracteristicas\\_del\\_Agua\\_Potable.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf)
- Orellana, J., & Lalvay, T. (2018). Uso e importancia de los recursos naturales y su incidencia en el desarrollo turístico. Caso Cantón Chilla, El Oro, Ecuador. *Revista Interamaeircana de Ambiente y Turismo.*, 14(1), 65–79. <https://www.scielo.cl/pdf/riat/v14n1/0718-235X-riat-14-01-00065.pdf>
- Paucay, A. (2013). Guía Tributaria Para Empresas De Explotación De Materiales Pétreos. Caso Práctico: “Tapia Saavedra Cía. Ltda. *Universidad de Cuenca*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4256/1/TESIS.pdf>
- Pereyra, G. (2015). Sector minería. In *Boletín Científico de la Escuela Superior Atotonilco de Tula* (Vol. 2, Issue 4). <https://doi.org/10.29057/esat.v2i4.1469>
- Pérez-Martínez, I., & Martín, F. (2015). Uso de parámetros indirectos para la evaluación de la contaminación de suelos por metales pesados en una zona minera de San Luis Potosí, México. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 67(1), 1–12.

- <https://doi.org/10.18268/bsgm2015v67n1a1>
- Pérez, C., & Shinomi, Y. (2010). *Manejo Integral De Cuencas Hidrográficas. Concepto básicos*. 10.  
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8445/NR32793.pdf?sequence=10&isAllowed=y>
- Pladeyra. (2003). *Paisajes hidrológicos y balance hídrico de la cuenca Lerma Chapala, México*.
- Pu, W., Sun, J., Zhang, F., Wen, X., Liu, W., & Huang, C. (2019). Effects of copper mining on heavy metal contamination in a rice agrosystem in the Xiaojiang River Basin, southwest China. *Acta Geochimica*, 38(5), 753–773.  
<https://doi.org/10.1007/s11631-019-00321-5>
- Raffo, E. (2016). Tratado del agua y la legislación peruana. *Industrial Data*, 16(2), 106.  
<https://doi.org/10.15381/idata.v16i2.11928>
- Ramani, S., Dragun, Z., Kapetanović, D., Kostov, V., Jordanova, M., Erk, M., & Hajrulai-Musliu, Z. (2014). Surface water characterization of three rivers in the lead/zinc mining region of northeastern Macedonia. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 66(4), 514–528. <https://doi.org/10.1007/s00244-014-0012-z>
- Rea, A. (2017). Política minera y sostenibilidad ambiental en Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 1(2), 41–52. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.68>
- Rodríguez, C., & Ramón, J. (2021). Estudio hidromorfológico de la cuenca La Mona, El Cady y el riesgo de inundaciones imprevistas. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8(2), 1–29.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-78902021000400015](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78902021000400015)
- Rodríguez, F. (2006). Cuencas Hidrográficas , Descentralización y Desarrollo Regional Participativo. *Inter Sedes*, VII(12), 113–125.  
<https://www.redalyc.org/pdf/666/66612867008.pdf>
- Rodríguez, S., Jaramillo, S., Zurita, D., Valdiviezo, A., & Choloquina, C. (2022). Evaluación de la Calidad del Agua de Riego Proveniente de la Acequia Tilipulo Enríquez-Cotopaxi Mediante la Relación de Absorción de Sodio (RAS). *Revista Politecnica*, 49(2), 55–64. <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2.06>
- Rojas-Solano, L., & Brenes-Esquivel, R. (2020). El agua: sus propiedades y su importancia biológica. *Acta Académica*, 37, 167–196.

- <http://revista.uaca.ac.cr/index.php/actas/article/view/407>
- Romero, A. (2013). Guía análisis y zoinficación de cuencas hidrográficas para el ordenamiento territorial. In *Red Madrileña de Lucha contra la Pobreza y la Exclusión Social EAPN*.
- Salas-Salvadó, J., Maraver, F., Rodríguez-Mañas, L., Sáenz, M., Vitoria, I., & Moreno, L. (2020). Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual. *Nutricion Hospitalaria*, 37(5), 1072–1086.  
<https://doi.org/10.20960/nh.03160>
- Salazar, J., Guanoquiza, L., Borges, M., Lasluisa, E., Ortiz, V., & Reyes, J. (2020). Impactos ambientales negativos de la urbanización en la localidad residencial del Río Quevedo, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(3), 6–12.
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros físicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172–181. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v27n3.14858>
- Sellers, C., Buján, S., Corbelle, E., & Miranda, D. (2017). Morfología interpretativa de alta resolución usando datos LiDAR en la cuenca hidrográfica del río Paute en Ecuador. *Memorias y Boletines de La Universidad Del Azuay.*, XVI, 399–412.  
<https://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/memorias/article/view/87>
- Tarras-Wahlberg, N., Flachier, A., Lane, S. N., & Sangfors, O. (2001). Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: The Puyango River basin, southern Ecuador. *Science of the Total Environment*, 278(1–3), 239–261. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00655-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00655-6)
- Terneus-Jacomé, E., & Yáñez, P. (2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida.*, 27(1), 36–50.  
<https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/27.2018.03>
- Toledo, A. (2002). El agua en México y el mundo. *Gaceta Ecológica*, 64, 9–18.
- Torres, P., Cruz, C., Patiño, P., Escobar, J., & Pérez, A. (2010). Aplicación de índices de calidad de agua-ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. *Ingeniería e Investigación*, 30(2010), 86–95.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v30n3/v30n3a07.pdf>
- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuenca hidrográficas*. (Issue 1).

- Vilela-Pincay, W., Espinosa-Encarnación, M., & Bravo-González, A. (2020). La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro. *Estudios de La Gestión. Revista Internacional de Administración*, 8(8), 215–233.  
<https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.8>
- Villena, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública.*, 35(2), 304–308.  
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Yanez-Yanez, Á. (2016). El agua en América Latina. *Journal Of The Selva Andina Biosphere*, 4(2), 46–47. [http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v4n2/v4n2\\_a01.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v4n2/v4n2_a01.pdf)
- Zamora, G., Bosia, C., Casiot, C., Gardon, J., & Vallejos, P. (2017). Calidad de las aguas subterráneas en las áreas mineras del departamento de Oruro-Bolivia. *Revista De Medio Ambiente Minero Y Minería*, 2, 25–35.  
[http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/mamym/n2/n2\\_a04.pdf](http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/mamym/n2/n2_a04.pdf)

## 8. ANEXOS

<b>Concesión</b>	<b>Empresa</b>	<b>Tipo</b>	<b>Estado</b>	<b>Tipo mineral</b>	<b>ha</b>
El Tablón "El Doblado"	Calva Juan	Minería artesanal	Inscrita	Metálico	4,00
Ana Michelle	Compañía Elipe s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	20,00
Bomba de Pacchapamba Unificada	Valarezo Walter	Concesión minera	Inscrita	Metálico	23,73
Cascada 1	Feijoo Milton	Concesión minera	Inscrita	Metálico	2,00
Suca 4	Compañía Elipe s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	1,00
Nueva Esperanza 3	Compañía Elipe s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	30,00
El Tablón 3	Oroconcent s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	70,00
Nueva Esperanza 2	Compañía Elipe s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	42,00
Soe	Loayza Ángel	Concesión minera	Trámite	Metálico	140,00
La Pampa	Motoche Franklin	Concesión minera	Trámite	Metálico	164,00
Ormoviro	Minesadco s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	8,00
Piedra Grande	Elizalde Augusto	Concesión minera	Inscrita	Metálico	4,00
Jorupe	Freire Luis	Concesión minera	Inscrita	Metálico	4,00
El Tablón el Doblado 3	Sigüenza Héctor	Minería artesanal	Inscrita	Metálico	4,00
IAM Zaruma	Compañía Elipe s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	2,50
San José 2	Compañía Elipe s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	5,00
Nueva Esperanza 6	Compañía Elipe s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	77,80
El Doblado 2	Aguilar Marcelo	Minería artesanal	Inscrita	Metálico	4,00
Jesús Del Gran Poder	Gómez Gonzalo	Minería artesanal	Inscrita	Metálico	4,00
Nueva Esperanza	Compañía Elipe s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	5,00
Playa Grande	Añazco Jacinto	Minería artesanal	Trámite	Material de construcción	4,00

La Cascada	Feijoo Milton	Minería artesanal	Inscrita	Metálico	2,00
Barbasco 1A	Asociación de mineros autónomos	Concesión minera	Inscrita	Metálico	77,24
San José	Blacio Ángel	Concesión minera	Inscrita	Metálico	2,00
Jorupe 2	Freire Luis	Concesión minera	Inscrita	Metálico	4,00
Los Mangos	Apolo Cosme	Concesión minera	Inscrita	Metálico	100,00
San Juan	Espinosa Juan	Concesión minera	Inscrita	Metálico	8,00
Tablón 01	Orellana José	Minería artesanal	Inscrita	Metálico	4,00
Mara 8	Compañía Elipe s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	5,00
Ruth	Compañía Elipe s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	2,00
El Ciruelo Unificado	Minesadco s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	32,90
El Soroche Unificado	Oroconcent s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	32,80
Porvenir	Cia.desarrollo técnico s.a. Destecsa	Concesión minera	Inscrita	Metálico	1916,00
San José 3	Blacio Ángel	Concesión minera	Inscrita	Metálico	5,00
Casa Negra	Minesadco s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	5,50
Minanca	Minanca minera	Concesión minera	Inscrita	Metálico	41,67
B 1/2	B 1/2	Concesión minera	Inscrita	Metálico	7,00
Resuc 4	Compañía Elipe s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	3,50
Barbasco Unificado	Asociación de mineros	Concesión minera	Inscrita	Metálico	10,00
Suca	Compañía Elipe s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	3,80
El Tablón 1	Compañía Elipe s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	8,00
El Tablón	Compañía Elipe s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	42,00
San Antonio de Padua	Compañía Elipe s.a.	Concesión minera	Inscrita	Metálico	67,00

**Anexo 1.** Concesiones mineras en el Cantón Portovelo.

**Fuente:** Castro minero del Municipio Portovelo (2023).



**Anexo 2.** Materiales para recolección de muestras (botellas etiquetadas).



**Anexo 3.** Visita a la PLAMI1 Beneficio Centenario



**Anexo 4.** Visita a la PLAMI2 Beneficio León



**Anexo 5.** Visita a la PLAMI3 Beneficio Aguilar



**Anexo 6.** PLAMI4 Oro metal Oromet



**Anexo 7.** Recolección de muestras dentro de las plantas mineras en enero



**Anexo 8.** Identificación y entrega de muestran al laboratorio de Nermalap el mes de  
enero




**Anexo 9.** Recolección de muestras de aguas en distintas plantas mineras





Anexo 10. Identificación y entrega de muestras al laboratorio de Nemalab el mes de mayo



**NEMALAB S.A.**  
Laboratorio de análisis agrícola

NOMBRE DEL PROPIETARIO: GONZALEZ VALDIVIEZO JARNETTE GISSELLA  
 NOMBRE DEL REMITENTE: SRTA. JARNETTE GONZALEZ  
 NOMBRE DE LA PROPIEDAD: PLANTA MINERA 1  
 LOCALIZACIÓN: PORTOVELO- EL ORO

N° DE DOCUMENTO: 59184  
 FECHA DE MUESTREO: 16/01/2023  
 FECHA DE INGRESO: 17/01/2023  
 FECHA DE SALIDA: 25/01/2023

**RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

No. LAB.	IDENT. MUEST.	pH	MILIGRAMOS POR LITRO																PCo	FTU
			NDS	IND.	P	K	Ca	Mg	SO4	Zn	Cu	Fe	Mn	CO3	Cl	ALCAL.	DUREZA	STD		
9365	MUESTRA 1 COD-A-1	7.3	64.5	2.89	7.7	44.96	52.3	6.44	312.68	0.04	0.03	0.16	3.12	0.00	223.38	469.70	157.15	580.36	145.00	2920
9366	MUESTRA 1 COD-A-1	7.4	34.2	0.575	1.2	24.63	71.74	0.36	391.75	0.17	0.00	0.00	5.62	0.00	95.70	97.60	180.83	422.61	9.00	3443
9367	MUESTRA 1 COD-A-1	7.50	2.70	0.106	3.90	3.52	20.64	0.12	265.06	0.00	0.00	0.30	0.11	0.00	99.30	79.30	52.09	142.45	36.00	200

CRITERIOS DE CALIDAD PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO SEGÚN EL INEN 1 108


PARAMETRO	LÍMITE		PARAMETRO	LÍMITE	
	DESEABLE	PERMISIBLE		DESEABLE	VALOR MÁXIMO PERMISIBLE
pH	7 - 8.5	6.5 - 9.5	Fe	0.2 mg/L	0.8 mg/L
Nitratos	10 mg/L	40 mg/L	Mn	0.05 mg/L	0.3 mg/L
Nitritos	0 mg/L	0 mg/L	Zn	0 mg/L	5 mg/L
Ca	30 mg/L	70 mg/L	Cloruros	50 mg/L	250 mg/L
Mg	12 mg/L	30 mg/L	Cu	0.05 mg/L	1.5 mg/L
Sulfatos	50 mg/L	200 mg/L	Dureza	120 mg/L	300 mg/L
S.T.D	500 mg/l	1000mg/l	TURBIDEZ	5 FTU	20 FTU
COLOR	5 Pt-Co	30 Pt-Co			



Btío. MARTHA MOREIRA I.  
JEFE DE LABORATORIO



**NEMALAB**  
Laboratorio de análisis agrícola




ING. ANACRISA PINTADO  
SERV. AL CLIENTE

"Una Agricultura sostenida, amiga del medio ambiente y nuestro compromiso con la Humanidad"

Km.1 1/2 (Antigua vía ferrea) El Cambio - Machala - Telefax: (593) 7 2992184 • Cel. (593) 997650254  
e-mail: nemalab@lapovic.com.ec • Casilla: 0701044 • Machala - El Oro - Ecuador

Anexo 11. Resultado de análisis química del agua en la primera Planta beneficio, mes de enero.



**NEMALAB S.A.**  
Laboratorio de análisis agrícola

NOMBRE DEL PROPIETARIO: GONZALEZ VALDIVIEZO JARNETTE GISSELLA  
 NOMBRE DEL REMITENTE: SRTA. JARNETTE GONZALEZ  
 NOMBRE DE LA PROPIEDAD: PLANTA MINERA 2  
 LOCALIZACIÓN: PORTOVELO- EL ORO


N° DE DOCUMENTO: 59185  
 FECHA DE MUESTREO: 16/01/2023  
 FECHA DE INGRESO: 17/01/2023  
 FECHA DE SALIDA: 25/01/2023

**RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**


No. LAB.	IDENT. MUEST.	pH	MILIGRAMOS POR LITRO																PCo	FTU
			NDS	IND.	P	K	Ca	Mg	SO4	Zn	Cu	Fe	Mn	CO3	Cl	ALCAL.	DUREZA	STD		
9368	MUESTRA 1 COD-A-2	7.6	0.8	0.018	0.89	0.39	5.81	0.12	88.05	0.00	0.00	0.13	0.09	0.00	102.80	79.30	15.02	45.42	30.00	620
9369	MUESTRA 1 COD-A-2	7.3	1.1	0.017	1.28	0.39	5.81	0.12	66.49	0.01	0.00	0.18	0.16	0.00	56.70	61.00	15.02	37.88	29.00	335
9370	MUESTRA 1 COD-A-2	7.30	1.20	0.017	3.18	0.39	11.02	0.12	150.05	0.02	0.00	0.16	0.92	0.00	113.40	61.00	28.04	77.29	10.00	824

CRITERIOS DE CALIDAD PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO SEGÚN EL INEN 1 108


PARAMETRO	LÍMITE		PARAMETRO	LÍMITE	
	DESEABLE	PERMISIBLE		DESEABLE	VALOR MÁXIMO PERMISIBLE
pH	7 - 8.5	6.5 - 9.5	Fe	0.2 mg/L	0.8 mg/L
Nitratos	10 mg/L	40 mg/L	Mn	0.05 mg/L	0.3 mg/L
Nitritos	0 mg/L	0 mg/L	Zn	0 mg/L	5 mg/L
Ca	30 mg/L	70 mg/L	Cloruros	50 mg/L	250 mg/L
Mg	12 mg/L	30 mg/L	Cu	0.05 mg/L	1.5 mg/L
Sulfatos	50 mg/L	200 mg/L	Dureza	120 mg/L	300 mg/L
S.T.D	500 mg/l	1000mg/l	TURBIDEZ	5 FTU	20 FTU
COLOR	5 Pt-Co	30 Pt-Co			



Btío. MARTHA MOREIRA I.  
JEFE DE LABORATORIO



**NEMALAB**  
Laboratorio de análisis agrícola



ING. ANACRISA PINTADO  
SERV. AL CLIENTE

"Una Agricultura sostenida, amiga del medio ambiente y nuestro compromiso con la Humanidad"

Km.1 1/2 (Antigua vía ferrea) El Cambio - Machala - Telefax: (593) 7 2992184 • Cel. (593) 997650254  
e-mail: nemalab@lapovic.com.ec • Casilla: 0701044 • Machala - El Oro - Ecuador

Anexo 12. Resultado de análisis química del agua en la segunda Planta beneficio, mes de enero.



NOMBRE DEL PROPIETARIO: GONZALEZ VALDIVIEZO JARNETTE GISELLA  
 NOMBRE DEL REMITENTE: SRTA. JARNETTE GONZALEZ  
 NOMBRE DE LA PROPIEDAD: PLANTA MINERA 3  
 LOCALIZACIÓN: PORTOVELO- EL ORO

N° DE DOCUMENTO: 59186  
 FECHA DE MUESTREO: 16/01/2023  
 FECHA DE INGRESO: 17/01/2023  
 FECHA DE SALIDA: 25/01/2023

RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

No. LAB.	IDENT. MUES.	pH	MILIGRAMOS POR LITRO																PCO <sub>2</sub>	FTU
			NO <sub>3</sub> -	NO <sub>2</sub> -	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Zn	Cu	Fe	Mn	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	Cl-	ALCAL.	DUREZA	S.T.D		
9371	MUESTRA 1 COD. A-3	4.4	2.1	0.01	0.26	2.35	198.2	21.51	134.78	23.47	14.53	0.00	40.21	0.00	78.00	73.20	383.69	954.43	7.00	7577
9372	MUESTRA 2 COD. A-3	4.4	2.5	0.014	0.51	7.43	197.19	21.63	116.51	22.77	14.36	0.00	40.0	0.00	88.60	79.30	381.66	947.57	13.00	3630
9373	MUESTRA 3 COD. A-3	4.40	1.60	0.017	1.04	21.89	205.81	35.96	134.48	22.79	14.37	0.00	39.41	0.00	106.40	91.50	661.96	954.96	14.00	4630

CRITERIOS DE CALIDAD PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO SEGÚN EL LINEN 1108

PARAMETRO	LIMITE DESEABLE	VALOR MAXIMO PERMISIBLE	PARAMETRO	LIMITE DESEABLE	VALOR MAXIMO PERMISIBLE
	pH	7 - 8.5		6.5 - 9.5	Fe
Nitratos	10 mg/L	40 mg/L	Mn	0.05 mg/L	0.3 mg/L
Nitritos	0 mg/L	0 mg/L	Zn	0 mg/L	5 mg/L
Ca	30 mg/L	70 mg/L	Cloruros	50 mg/L	250 mg/L
Mg	12 mg/L	30 mg/L	Cu	0.05 mg/L	1.5 mg/L
Sulfatos	50 mg/L	200 mg/L	Dureza	120 mg/L	300 mg/L
S.T.D	500 mg/l	1000mg/l	TURBIDEZ	5 FTU	20 FTU
COLOR	5 Pt-Co	30 Pt-Co			



BIOQ. MARTHA MOREIRA I.  
JEFE DE LABORATORIO



NEMALAB



ING. MARCISA PINTADO  
SERV. AL CLIENTE

"Una Agricultura sostenida, amiga del Medio Ambiente y nuestro compromiso con la Humanidad"

Km. 1 1/2 (Antigua vía férrea) El Cambio - Machala • Telefon: (593) 7 2992184 • Cel. (593) 997650254  
 e-mail: nemalab@lapwvc.com.ec • Casilla: 0701044 • Machala - El Oro - Ecuador

Anexo 13. Resultado de análisis química del agua en la tercera Planta beneficio, mes de enero.



NOMBRE DEL PROPIETARIO: GONZALEZ VALDIVIEZO JARNETTE GISELLA  
 NOMBRE DEL REMITENTE: SRTA. JARNETTE GONZALEZ  
 NOMBRE DE LA PROPIEDAD: PLANTA MINERA 4  
 LOCALIZACIÓN: PORTOVELO- EL ORO

N° DE DOCUMENTO: 59187  
 FECHA DE MUESTREO: 16/01/2023  
 FECHA DE INGRESO: 17/01/2023  
 FECHA DE SALIDA: 25/01/2023

RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

No. LAB.	IDENT. MUES.	pH	MILIGRAMOS POR LITRO																PCO <sub>2</sub>	FTU
			NO <sub>3</sub> -	NO <sub>2</sub> -	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Zn	Cu	Fe	Mn	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	Cl-	ALCAL.	DUREZA	S.T.D		
9374	MUESTRA 1 COD. A-4	6.7	1.1	0.013	0.66	0.39	3	0.12	55.71	0.04	0.00	0.06	0.13	0.00	113.40	110.70	7.99	28.28	28.00	397
9375	MUESTRA 2 COD. A-4	7.0	1.2	0.01	0.96	0.39	2.4	0.12	4.79	0.03	0.00	0.08	0.05	0.00	60.30	73.20	6.49	26.11	34.00	376
9376	MUESTRA 3 COD. A-4	7.0	1.30	0.013	0.66	0.39	1.80	0.12	3.29	0.01	0.00	0.05	0.06	0.00	109.90	61.00	4.99	26.38	27.00	239

CRITERIOS DE CALIDAD PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO SEGÚN EL LINEN 1108

PARAMETRO	LIMITE DESEABLE	VALOR MAXIMO PERMISIBLE	PARAMETRO	LIMITE DESEABLE	VALOR MAXIMO PERMISIBLE
	pH	7 - 8.5		6.5 - 9.5	Fe
Nitratos	10 mg/L	40 mg/L	Mn	0.05 mg/L	0.3 mg/L
Nitritos	0 mg/L	0 mg/L	Zn	0 mg/L	5 mg/L
Ca	30 mg/L	70 mg/L	Cloruros	50 mg/L	250 mg/L
Mg	12 mg/L	30 mg/L	Cu	0.05 mg/L	1.5 mg/L
Sulfatos	50 mg/L	200 mg/L	Dureza	120 mg/L	300 mg/L
S.T.D	500 mg/l	1000mg/l	TURBIDEZ	5 FTU	20 FTU
COLOR	5 Pt-Co	30 Pt-Co			



BIOQ. MARTHA MOREIRA I.  
JEFE DE LABORATORIO



NEMALAB



ING. MARCISA PINTADO  
SERV. AL CLIENTE

"Una Agricultura sostenida, amiga del Medio Ambiente y nuestro compromiso con la Humanidad"

Km. 1 1/2 (Antigua vía férrea) El Cambio - Machala • Telefon: (593) 7 2992184 • Cel. (593) 997650254  
 e-mail: nemalab@lapwvc.com.ec • Casilla: 0701044 • Machala - El Oro - Ecuador

Anexo 14. Resultado de análisis química del agua en la cuarta Planta beneficio, mes de enero.

Ciente: GONZALEZ VALDIVIEZO JARNETTE GISSELLA  
Remitente: SRKAJARNETTE GONZALEZ  
Propiedad: PLANTA MINERA 1  
Localización: Sitio Parroquia PORTOVELO EL ORO Cantón Provincia

Documento No: 00060265  
Fecha de Muestreo: 21/05/2023  
Fecha de Ingreso: 23/05/2023  
Fecha de Salida: 01/06/2023

Resultados e Interpretación de: ANALISIS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO																				
Cód. de Muestra	No. de Muestra	pH	Miligramos por Litro													LTC Color	NTU Turbid.			
			NO3-	NO2-	P-PO4	K	Ca	Mg	SO4=	Zn	Cu	Fe	Mn	CO3=	Cl			Alcali	Dureza	S.T.D.
9472	MECOD A1	6.8	1.40	0.064	0.26	1.95	3.41	1.22	65.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.0	17.7	48.8	13.5	75.9	7	42
9473	MECOD A1	6.9	1.10	0.071	0.62	1.17	3.21	1.09	76.10	0.00	0.00	0.00	0.07	0.0	14.2	54.9	12.4	72.7	10	63
9474	MECOD A1	6.9	1.20	0.068	0.37	1.17	2.81	1.22	71.30	0.00	0.00	0.00	0.07	0.0	17.7	54.9	12.0	66.0	6	45

**Criterios de Calidad para Aguas de Consumo Humano según el INEN 1 108: 2006**

Parámetro	Valor Máximo Permisible	Parámetro	Valor Máximo Permisible
pH	6.5 - 8.5	Cu	1.0 mg/l
Nitratos	10 mg/l	Fe	0.3 mg/l
Nitritos	0 mg/l	Mn	0.1 mg/l
P-PO4	0.1 mg/l	Cloruros	250 mg/l
K	20 mg/l	Dureza	300 mg/l
Ca	70 mg/l	S.T.D.	1000 mg/l
Mg	30 mg/l	Color	15 UTC
Sulfatos	200 mg/l	Turbidez	5 NTU
Zn	3 mg/l		

Estos resultados pueden ser sujetos de comparación, siempre y cuando se utilice la misma metodología utilizada en este Laboratorio.  
Esta Hoja de Resultados es válida sólo con firma y sello en original.

*Yessica Fernanda*  
JEFE MARTHA MOREJILLA L.  
Jefe de Laboratorio



*[Firma]*  
Secretaría

FD4002R

**Anexo 15.** Resultado de análisis química del agua en la primera Planta beneficio, mes de mayo.

Ciente: GONZALEZ VALDIVIEZO JARNETTE GISSELLA  
Remitente: SRKAJARNETTE GONZALEZ  
Propiedad: PLANTA MINERA 2  
Localización: Sitio Parroquia PORTOVELO EL ORO Cantón Provincia

Documento No: 00060266  
Fecha de Muestreo: 21/05/2023  
Fecha de Ingreso: 23/05/2023  
Fecha de Salida: 01/06/2023

Resultados e Interpretación de: ANALISIS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO																				
Cód. de Muestra	No. de Muestra	pH	Miligramos por Litro													LTC Color	NTU Turbid.			
			NO3-	NO2-	P-PO4	K	Ca	Mg	SO4=	Zn	Cu	Fe	Mn	CO3=	Cl			Alcali	Dureza	S.T.D.
9475	MECOD A2	7.0	0.80	0.065	0.50	1.17	2.81	0.97	68.60	0.00	0.00	0.00	0.06	0.0	14.2	48.8	11.5	73.1	8	49
9476	MECOD A2	7.2	1.10	0.066	0.45	0.78	3.01	1.09	69.80	0.00	0.00	0.00	0.07	0.0	14.2	48.8	11.9	66.4	6	41
9477	MECOD A2	7.2	1.10	0.065	0.27	0.78	2.61	1.09	65.60	0.00	0.00	0.00	0.06	0.0	14.2	48.8	10.9	67.4	6	44

**Criterios de Calidad para Aguas de Consumo Humano según el INEN 1 108: 2006**

Parámetro	Valor Máximo Permisible	Parámetro	Valor Máximo Permisible
pH	6.5 - 8.5	Cu	1.0 mg/l
Nitratos	10 mg/l	Fe	0.3 mg/l
Nitritos	0 mg/l	Mn	0.1 mg/l
P-PO4	0.1 mg/l	Cloruros	250 mg/l
K	20 mg/l	Dureza	300 mg/l
Ca	70 mg/l	S.T.D.	1000 mg/l
Mg	30 mg/l	Color	15 UTC
Sulfatos	200 mg/l	Turbidez	5 NTU
Zn	3 mg/l		

Estos resultados pueden ser sujetos de comparación, siempre y cuando se utilice la misma metodología utilizada en este Laboratorio.  
Esta Hoja de Resultados es válida sólo con firma y sello en original.

*Yessica Fernanda*  
JEFE MARTHA MOREJILLA L.  
Jefe de Laboratorio



*[Firma]*  
Secretaría

FD4002R

**Anexo 16.** Resultado de análisis química del agua en la segunda Planta beneficio, mes de mayo.

Cliente: GONZALEZ VALDIVIEZO JARNETTE GISSELLA  
 Remitente: SRTA JARNETTE GONZALEZ  
 Propiedad: PLANTA MINERA 3  
 Localización: Sitio Parroquia Cantón Provincia

Documento No: 00060208  
 Fecha de Muestra: 21/05/2023  
 Fecha de Ingreso: 23/05/2023  
 Fecha de Salida: 01/06/2023

Resultados e Interpretación de: ANALISIS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO																				
Cód. de Muestra	No. de Muestra	pH	Miligramos por Litro														UTC Color	NTU Turbid.		
			NO3-	NO2-	P-PO4	K	Ca	Mg	SO4 <sup>=</sup>	Zn	Cu	Fe	Mn	CO3 <sup>=</sup>	Cl	Alcali			Dureza	S.T.D.
9478	MI-C00-AJ	7.2	1.00	0.073	0.26	0.78	2.61	0.85	65.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.0	17.7	48.8	10.0	67.1	8	57
9479	MC-C00-AJ	7.2	1.20	0.087	0.24	0.78	2.81	1.22	71.60	0.00	0.00	0.00	0.06	0.0	17.7	48.8	12.0	65.8	9	46
9480	MC-C00-AJ	7.3	1.10	0.069	0.24	1.56	3.01	1.22	67.70	0.00	0.00	0.00	0.06	0.0	14.2	54.9	12.5	71.5	6	54

**Criterios de Calidad para Aguas de Consumo Humano según el INEN 1 108: 2006**

Parámetro	Valor Máximo Permisible	Parámetro	Valor Máximo Permisible
pH	6.5 - 8.5	Cu	1.0 mg/l
Nitratos	10 mg/l	Fe	0.3 mg/l
Nitritos	0 mg/l	Mn	0.1 mg/l
P-PO4	0.1 mg/l	Cloruros	250 mg/l
K	20 mg/l	Dureza	300 mg/l
Ca	70 mg/l	S.T.D.	1000 mg/l
Mg	30 mg/l	Color	15 UTC
Sulfatos	200 mg/l	Turbidez	5 NTU
Zn	3 mg/l		

Estos resultados pueden ser sujetos de comparación, siempre y cuando se utilice la misma metodología utilizada en este Laboratorio.  
 Esta Hoja de Resultados es válida sólo con firma y sello en original.

*Yessica Zaveri*  
 YESSICA ZAVERI L.  
 Jefe de Laboratorio



*Yessica Zaveri*  
 YESSICA ZAVERI L.  
 Secretaria

F04002R

### Anexo 17. Resultado de análisis química del agua en la tercera Planta beneficio, mes de mayo.

Cliente: GONZALEZ VALDIVIEZO JARNETTE GISSELLA  
 Remitente: SRTA JARNETTE GONZALEZ  
 Propiedad: PLANTA MINERA 4  
 Localización: Sitio Parroquia Cantón Provincia

Documento No: 00060209  
 Fecha de Muestra: 21/05/2023  
 Fecha de Ingreso: 23/05/2023  
 Fecha de Salida: 01/06/2023

Resultados e Interpretación de: ANALISIS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO																				
Cód. de Muestra	No. de Muestra	pH	Miligramos por Litro														UTC Color	NTU Turbid.		
			NO3-	NO2-	P-PO4	K	Ca	Mg	SO4 <sup>=</sup>	Zn	Cu	Fe	Mn	CO3 <sup>=</sup>	Cl	Alcali			Dureza	S.T.D.
9481	MI-C00-A4	7.2	0.90	0.082	0.16	0.78	2.61	1.09	70.70	0.00	0.00	0.00	0.06	0.0	17.7	48.8	10.0	66.7	6	38
9482	MC-C00-A4	7.2	0.70	0.076	0.28	0.78	3.21	1.09	64.40	0.00	0.00	0.00	0.06	0.0	14.2	61.0	12.4	67.3	6	42
9483	MI-C00-A4	7.2	0.70	0.066	0.23	0.78	2.81	1.22	73.40	0.00	0.00	0.00	0.08	0.0	14.2	54.9	12.0	67.2	8	48

**Criterios de Calidad para Aguas de Consumo Humano según el INEN 1 108: 2006**

Parámetro	Valor Máximo Permisible	Parámetro	Valor Máximo Permisible
pH	6.5 - 8.5	Cu	1.0 mg/l
Nitratos	10 mg/l	Fe	0.3 mg/l
Nitritos	0 mg/l	Mn	0.1 mg/l
P-PO4	0.1 mg/l	Cloruros	250 mg/l
K	20 mg/l	Dureza	300 mg/l
Ca	70 mg/l	S.T.D.	1000 mg/l
Mg	30 mg/l	Color	15 UTC
Sulfatos	200 mg/l	Turbidez	5 NTU
Zn	3 mg/l		

Estos resultados pueden ser sujetos de comparación, siempre y cuando se utilice la misma metodología utilizada en este Laboratorio.  
 Esta Hoja de Resultados es válida sólo con firma y sello en original.

*Yessica Zaveri*  
 YESSICA ZAVERI L.  
 Jefe de Laboratorio



*Yessica Zaveri*  
 YESSICA ZAVERI L.  
 Secretaria

F04002R

### Anexo 18. Resultado de análisis química del agua en la cuarta Planta beneficio, mes de mayo.