

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



T E S I S

Evaluación de los resultados del monitoreo de agua superficial de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A - UM Colquijírca, para determinar su cumplimiento a la normativa ambiental (ECA para agua - categoría 3) – 2023

Para optar el título profesional de
Ingeniero Ambiental

Autores:

Bach. Yuvitsa Talia YSTAY CARLOS

Bach. Jhon Abel CARHUAS MATIAS

Asesor:

Mg. Rosario Marcela VÁSQUEZ GARCÍA

Cerro de Pasco – Perú - 2026

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



T E S I S

Evaluación de los resultados del monitoreo de agua superficial de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A - UM Colquijirca, para determinar su cumplimiento a la normativa ambiental (ECA para agua - categoría 3) – 2023

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Rommel Luis LOPEZ ALVARADO
PRESIDENTE

Dr. Eleuterio Andrés ZAVALETA SANCHEZ
MIEMBRO

Mg. Lucio ROJAS VITOR
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 022-2026-UNDAC/UIFI

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

Tesis:

**“Evaluación de los resultados del monitoreo de
agua superficial de la Sociedad Minera el Brocal
S.A.A - UM Colquijirca, para determinar su
cumplimiento a la normativa ambiental (ECA
para agua - categoría 3) – 2023”**

Apellidos y nombres de los tesisistas

Bach. Yuvitsa Talía, YSTAY CARLOS

Bach. Jhon Abel, CARHUAS MATIAS

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. Rosario Marcela, VÁSQUEZ GARCÍA

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

4 %

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 25 de mayo del 2026



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 25.05.2026 17:36:48 -05:00

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis a las personas que han caminado a nuestro lado, iluminando los días de esfuerzo con cariño, paciencia y comprensión. A nuestras familias, que fueron el sostén emocional en cada jornada de estudio, en cada amanecida y en cada desafío que encontramos en el camino hacia nuestra formación profesional.

A nuestros padres, quienes sembraron en nosotros el amor por el conocimiento y nos enseñaron que los sueños se construyen con constancia, sacrificio y fe. Sus palabras, su entrega y su ejemplo nos guiaron incluso en los momentos de duda.

A nuestros hermanos y seres queridos, quienes supieron darnos ánimo cuando las fuerzas disminuían y celebraron cada paso que avanzamos. Ellos nos recordaron que no estábamos solos y que todo esfuerzo tiene recompensa.

Este logro académico es también de ustedes, porque detrás de estas páginas están su apoyo silencioso, su paciencia infinita y su confianza en nuestras capacidades.

Con gratitud profunda, les dedicamos este triunfo que marca el inicio de una nueva etapa en nuestras vidas profesionales.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos profundamente a Dios, por darnos la fortaleza y sabiduría para culminar esta etapa.

A nuestra familia, por su amor, confianza y sacrificio, que fueron el motor que nos impulsó a continuar hasta lograr nuestros objetivos.

A nuestros amigos y compañeros de estudio, por acompañarnos en los momentos difíciles y celebrar los logros obtenidos.

Y a nuestra asesora, por su orientación y compromiso en la elaboración de esta tesis.

Gracias.

RESUMEN

La presente investigación evaluó la calidad del agua superficial en la zona de influencia de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. – Unidad Minera Colquijirca, durante el monitoreo correspondiente a octubre de 2023. Planteándose como objetivo de evaluar los resultados del monitoreo de agua superficial de la UM Colquijirca – octubre 2023, para determinar el cumplimiento de la normativa vigente (ECA para agua – categoría 3) en la zona de estudio. El estudio es de tipo descriptivo y no experimental, orientado a analizar el cumplimiento del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 (riego y bebida de animales). Se consideraron parámetros fisicoquímicos clave como pH, conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD) y cianuro WAD, cuyos valores fueron contrastados con la normativa vigente. Los resultados evidenciaron que el pH superó el rango permitido (6.5–8.5) en varias estaciones, mientras que el OD presentó valores por debajo del mínimo normativo (4–5 mg/L), indicando condiciones subtóxicas y alcalinas asociadas a la influencia minera. En contraste, la CE y el CN-WAD se mantuvieron dentro de los límites establecidos, reflejando una carga iónica moderada, así mismo se evidenció cumplimiento general de los ECA respecto a metales totales; no obstante, el Mn en MA-2 supera el límite, siendo el principal contaminante. Se concluye que, aunque la mayoría de los parámetros cumplen parcialmente el ECA, existen indicadores críticos que justifican la implementación de medidas preventivas y un monitoreo estacional continuo para garantizar la protección ambiental y el uso sostenible del recurso hídrico.

Palabras clave: Calidad del agua, ECA, minería, Colquijirca, parámetros físico-químicos, contaminación hídrica.

ABSTRACT

This study evaluated the quality of surface water in the area of influence of Sociedad Minera El Brocal S.A.A. – Colquijirca Mining Unit during the monitoring conducted in October 2023. The objective was to evaluate the results of the surface water monitoring conducted by the Colquijirca Mining Unit in October 2023 to determine compliance with current regulations (ECA for water – Category 3) in the study area. The study is descriptive and non-experimental, aimed at analyzing compliance with the Environmental Quality Standard (ECA) for water – Category 3 (irrigation and animal drinking water). Key physicochemical parameters such as pH, electrical conductivity (EC), dissolved oxygen (DO), and cyanide (WAD) were considered, and their values were compared with current regulations. The results showed that the pH exceeded the permitted range (6.5–8.5) at several stations, while DO values were below the regulatory minimum (4–5 mg/L), indicating subtoxic and alkaline conditions associated with mining influence. In contrast, CE and CN-WAD remained within the established limits, indicating a moderate ionic load; furthermore, overall compliance with ECA standards for heavy metals was observed; however, Mn in MA-2 exceeds the limit, making it the primary contaminant. It is concluded that, although most parameters partially comply with the ECA, there are critical indicators that justify the implementation of preventive measures and continuous seasonal monitoring to ensure environmental protection and the sustainable use of water resources.

Keywords: Water quality, ECA, mining, Colquijirca, physical-chemical parameters, water pollution.

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua constituye uno de los indicadores más sensibles del equilibrio ambiental y del grado de sostenibilidad de las actividades humanas. En zonas altoandinas del Perú, donde convergen ecosistemas frágiles y actividades extractivas intensivas, los cuerpos de agua superficial son particularmente vulnerables a procesos de alteración fisicoquímica y biológica derivados de la minería metálica. Según la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2022), el agua contaminada representa uno de los principales riesgos ambientales para la salud y la productividad agrícola, debido a la presencia de metales totales, nutrientes en exceso y variaciones en parámetros como el pH y el oxígeno disuelto.

En el contexto peruano, la actividad minera constituye un pilar económico, pero también una fuente potencial de impacto sobre los recursos hídricos. De acuerdo con el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017), los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua establecen límites que garantizan la protección de los ecosistemas y los usos específicos del recurso, como el riego, la bebida de animales y la conservación de la vida acuática. Sin embargo, diversas investigaciones han evidenciado que, en zonas mineras de la sierra central, las concentraciones de metales y las alteraciones del pH suelen exceder dichos estándares, reflejando procesos de drenaje ácido o alcalino de mina y lixiviación natural de minerales (Gonzales et al., 2023; Fajardo & Torres, 2022).

El distrito de Simón Bolívar, en la provincia y región de Pasco, concentra parte importante de la actividad minera metálica del país. En esta zona se ubica la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. – Unidad Minera Colquijírca, donde la extracción de minerales sulfurados y la disposición de relaves han modificado históricamente la calidad de los cuerpos de agua superficiales. Estudios del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2021) han señalado la presencia de excedencias en pH, sulfatos, hierro y plomo en tramos del río San Juan, vinculadas tanto a operaciones activas como a pasivos mineros. Estos hallazgos

refuerzan la necesidad de un monitoreo ambiental sistemático que permita identificar tendencias de deterioro y cumplimiento normativo.

La evaluación de parámetros fisicoquímicos como el pH, la conductividad eléctrica (CE), el oxígeno disuelto (OD) y el cianuro WAD permite interpretar la interacción entre las características geológicas del área, las condiciones hidrológicas y la influencia de las actividades mineras (Tchobanoglous, Stensel, & Tsuchihashi, 2014). Un pH elevado puede aumentar la movilidad de especies metálicas y afectar la solubilidad de nutrientes, mientras que valores bajos de oxígeno disuelto limitan la capacidad de autodepuración y pueden inducir procesos anaeróbicos. Asimismo, la conductividad eléctrica se relaciona con la carga iónica y la salinidad del agua, parámetros sensibles a la infiltración de efluentes o a la disolución de minerales (Martínez, Herrera, & Flores, 2021).

El monitoreo de estos parámetros bajo el marco del D.S. N.º 004-2017-MINAM permite determinar el grado de cumplimiento del ECA–Agua Categoría 3 (riego y bebida de animales), además de establecer patrones espaciales y posibles fuentes de contaminación. En particular, la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. opera en una zona donde confluyen componentes de proceso, relaveras, botaderos y cursos naturales, lo que hace esencial analizar la relación entre proximidad operacional y alteración de la calidad del agua superficial.

La literatura internacional respalda esta perspectiva. Villamarín, Crespo y Bravo (2022) evidenciaron en ríos andinos de Ecuador una disminución significativa de macroinvertebrados y una reducción del índice BMWP en zonas afectadas por minería, asociadas a incrementos en pH y conductividad. De forma similar, Gallo et al. (2021) documentaron en Colombia que las corrientes próximas a operaciones auríferas presentaron mayores concentraciones de sólidos disueltos y menor oxigenación, corroborando la influencia directa de la minería sobre los ecosistemas fluviales.

Bajo este contexto, la presente investigación se orienta a evaluar la calidad del agua

superficial en la zona de influencia de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. – Unidad Minera Colquijírca, durante la campaña de monitoreo de octubre de 2023, con base en los lineamientos normativos del ECA–Agua Categoría 3. El estudio es de tipo descriptivo y no experimental, centrado en identificar las variaciones espaciales de los principales parámetros fisicoquímicos y su correspondencia con los límites establecidos por la normativa peruana.

El desarrollo de este trabajo permite disponer de información técnica confiable para la gestión ambiental preventiva, la evaluación del cumplimiento normativo y la formulación de estrategias de control y mitigación en zonas mineras altoandinas. Asimismo, contribuirá al fortalecimiento de la gestión sostenible de los recursos hídricos, alineada con los objetivos del Plan Nacional de Acción Ambiental del Perú 2021–2030 (MINAM, 2021) y con los principios de desarrollo sostenible establecidos por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas (ONU, 2015). La presente Tesis “Evaluación de los resultados del monitoreo de agua superficial de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A - UM Colquijírca, para determinar su cumplimiento a la normativa ambiental (ECA para agua - categoría 3) – 2023”, tiene como objetivo principal la de evaluar los resultados del monitoreo de agua superficial de la UM Colquijírca – octubre 2023, para determinar el cumplimiento de la normativa vigente (ECA para agua – categoría 3) en la zona de estudio.

INDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Delimitación de la Investigación	2
1.3. Formulación del Problema	3
1.3.1. Problema general	3
1.3.2. Problemas específicos	3
1.4. Formulación de Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Justificación de la Investigación.....	4
1.6. Limitaciones de la Investigación	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	6
------------------------------------	---

2.1.1. A nivel internacional	6
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	8
2.1.3. Antecedentes locales	9
2.2. Bases teóricas científicas	11
2.2.1. Contaminación del agua	11
2.2.2. Fuentes de Contaminación del agua en la Minería.....	11
2.2.3. Monitoreo de la Calidad del Agua.....	12
2.2.4. Componentes del Monitoreo de la Calidad del Agua.....	12
2.2.5. Marco Legal.....	13
2.3. Definición de términos conceptuales.....	14
2.4. Enfoque filosófico - epistémico.....	16
2.4.1. Enfoque Filosófico	16
2.4.2. Enfoque Epistémico.....	17

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	21
3.2. Nivel de Investigación.....	22
3.3. Características de la investigación.....	22
3.4. Métodos de Investigación.....	23
3.5. Diseño de Investigación	23
3.6. Procedimiento del muestreo	24
3.6.1. Población	24
3.6.2. Muestra	24
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	27

3.9. Orientación ética.....	28
-----------------------------	----

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	29
4.1.1. Identificación y descripción de valores de los parámetros físico-químicos obtenidos en el monitoreo de agua superficial en las estaciones de la Unidad Minera Colquijirca, octubre 2023.....	30
4.1.2. Comparando los resultados de los parámetros de calidad de agua superficial con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, establecidos en la normativa ambiental vigente.....	36
4.1.3. Síntesis del análisis normativo	42
4.1.4. Determinación del cumplimiento de los parámetros de calidad de agua superficial de la Unidad Minera Colquijirca respecto a los ECA – Categoría 3.....	43
4.1.5. Comparación de metales totales con los ECA – Categoría 3	52
4.2. Discusión de resultados	56

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Definición Operacional de Variables e Indicadores	19
Tabla 2. Puntos de Monitoreo de calidad de agua superficial - UM Colquijirca.....	25
Tabla 3. Resumen de los resultados de monitoreo de agua superficial de estaciones y parámetros.....	43
Tabla 4. Matriz de cumplimiento de parámetros físico- químicos vs. ECA Agua Cat. 3 (D1/D2)	49
Tabla 5. Matriz de cumplimiento de parámetros químicos (metales totales) vs. ECA Agua Cat. 3 (D1/D2).....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Variación del pH en estaciones de monitoreo de agua superficial – UM Colquijírca, octubre 2023.....	31
Figura 2. Conductividad eléctrica en estaciones de monitoreo de agua superficial – UM Colquijírca, octubre 2023.....	32
Figura 3. Concentración de sólidos totales disueltos (TDS) en la estación G-30 – UM Colquijírca, octubre 2023.....	33
Figura 4. Concentración de cianuro WAD en estaciones de monitoreo de agua superficial – UM Colquijírca, octubre 2023.	35
Figura 5. Comparación del pH con los ECA – Categoría 3.....	36
Figura 6. Comparación de la Conductividad Eléctrica con los ECA – Categoría 3	38
Figura 7. Comparación de los Sólidos Totales Disueltos (TDS) con los ECA – Categoría 3	39
Figura 8. Comparación del Cianuro WAD con los ECA – Categoría 3	40
Figura 9. Concentración de Oxígeno Disuelto.....	41
Figura 10. pH por estación de monitoreo	44
Figura 11. Conductividad eléctrica por estación	45
Figura 12. Sólidos totales disueltos (TDS) por estación.....	46
Figura 13. Cianuro Wad reportado en el monitoreo de agua superficial –cat. 3	48
Figura 14. Brechas acumuladas por estación.....	51
Figura 15. Comparación del manganeso total con los ECA – Categoría 3	54
Figura 16. Comparación de metales totales por estación de monitoreo	55

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La minería es una actividad económica fundamental en muchas regiones, incluida la Unidad Minera Colquijirca de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., que contribuye significativamente al desarrollo local y nacional. Sin embargo, esta actividad también conlleva una serie de riesgos ambientales, particularmente en lo que respecta a la contaminación del agua. El agua es un recurso vital tanto para la salud humana como para la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas.

En este contexto, el monitoreo de la calidad del agua se convierte en una herramienta esencial para identificar y evaluar la magnitud de la contaminación provocada por las actividades mineras en este caso por la Sociedad Minera el Brocal

S.A.A - UM Colquijirca en la zona de estudio. A pesar de los esfuerzos realizados en la gestión ambiental, persisten preocupaciones sobre los efectos adversos de la minería en la calidad del agua, incluyendo la presencia de metales pesados, productos químicos tóxicos y otros contaminantes.

La información recopilada de los resultados del monitoreo de agua superficial de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A - UM Colquijirca que corresponde al mes de octubre

del año 2023, proporciona una oportunidad valiosa para analizar los niveles de contaminación y poder compararlo con la normativa ambiental vigente (ECA para agua – categoría 3) de esta manera se determinó su grado de cumplimiento a esta. Sin embargo, existe una falta de estudios que integren estos datos en un marco de evaluación exhaustiva, lo que dificulta la toma de decisiones informadas sobre la gestión de recursos hídricos en la región.

Por lo tanto, en el presente estudio se realiza el análisis de los resultados del monitoreo de agua superficial realizado en la UM Colquijirca de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A - octubre 2023, teniendo como herramienta de comparación a la normativa ambiental vigente (ECA para Agua –categoría 3) para responder a las interrogantes que genera esta investigación y lograr evaluar el nivel de contaminación del agua de la zona en estudio.

1.2. Delimitación de la Investigación

La presente investigación se delimita en espacio y tiempo de la siguiente manera:

Delimitación espacial

El estudio se desarrolló en la Unidad Minera Colquijirca de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., específicamente en los cuerpos de agua superficial asociados a la laguna Pun Run, río Blanco y río San Juan, donde se ubican los siete puntos de monitoreo de la campaña evaluada.

Delimitación temporal

La investigación se circunscribe al análisis de los resultados del monitoreo de agua superficial correspondiente al mes de octubre del año 2023, los cuales fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera la evaluación de los parámetros de calidad de agua superficial registrados por la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. – UM Colquijirca en octubre de 2023 determinarán el cumplimiento de la normativa vigente (ECA para agua categoría 3) en la zona de estudio?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son los valores de los parámetros físico-químicos obtenidos en el monitoreo de agua superficial en las estaciones de la Unidad Minera Colquijirca durante octubre 2023?
- b. ¿Cómo se comparan los resultados de los parámetros de calidad de agua superficial con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 establecidos en la normativa ambiental vigente?
- c. ¿Cuál es el nivel de cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 en las estaciones de monitoreo evaluadas?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar los resultados del monitoreo de agua superficial de la UM Colquijirca –octubre 2023, para determinar el cumplimiento de la normativa vigente (ECA para agua – categoría 3) en la zona de estudio.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Identificar y describir los valores de los parámetros físico-químicos obtenidos en el monitoreo de agua superficial en las estaciones de la Unidad Minera Colquijirca, octubre 2023.
- b. Comparar los resultados de los parámetros de calidad de agua superficial con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, establecidos en la normativa ambiental vigente.
- c. Determinar el nivel de cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 en las estaciones de monitoreo evaluadas.

1.5. Justificación de la Investigación

La presente investigación es de suma importancia por varias razones:

1. Justificación práctica

Los resultados obtenidos permiten generar evidencia técnica útil para la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes y la empresa minera. Al evaluar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – categoría 3, se identificó puntos críticos de contaminación y se propone estrategias de mitigación y prevención eficaces. Asimismo, la información servirá para optimizar los sistemas de monitoreo y fortalecer las prácticas de gestión ambiental en el sector minero.

2. Justificación ambiental

La minería, aunque es esencial para el desarrollo económico, representa una amenaza potencial para los ecosistemas hídricos si no se gestiona adecuadamente. Evaluar los niveles de contaminación del agua

superficial en zonas de influencia minera resulta fundamental para la conservación de la biodiversidad y la protección de los servicios ecosistémicos. Este estudio aporta información clave para entender el grado de afectación ambiental y fomentar prácticas extractivas más sostenibles.

3. Justificación social

La calidad del agua está estrechamente vinculada a la salud y al bienestar de las poblaciones locales. Este estudio, al analizar los niveles de contaminantes presentes en el agua superficial, promueve la protección de la salud pública frente a riesgos asociados a la exposición a metales totales y otras sustancias tóxicas. Además, al difundir los resultados del monitoreo, se pretende sensibilizar y empoderar a las comunidades, incentivando su participación activa en la defensa de sus recursos naturales y el fortalecimiento de la conciencia ambiental colectiva.

1.6. Limitaciones de la Investigación

Entre las limitaciones se encuentra el acceso a información, ya que la disponibilidad y el acceso a datos relevantes fueron restringidos. Algunos documentos e informes internos no fueron accesibles completamente para el análisis correspondiente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. A nivel internacional

Gallo J. et al. (2021), en el artículo científico titulado *Water quality of streams associated with artisanal gold mining*; Suárez, Department of Cauca, Colombia, refiere que evaluaron la calidad del agua en cinco cauces naturales del municipio de Suárez, Cauca (Colombia), afectados por la minería aurífera artesanal. Para ello, realizaron muestreos en las quebradas Dios Te Dé, Tamboral, Piedra Imán y Lorenzo, así como en el río Cauca, durante tres periodos entre 2018 y 2019, aplicando los índices de contaminación del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Los resultados evidenciaron altas concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST), turbidez (TUR) y mercurio (Hg), especialmente en los puntos ubicados a la salida de las operaciones mineras. Asimismo, el índice de calidad del agua (ICA) varió entre aceptable y regular, lo que evidencia el impacto de la minería artesanal en la degradación del recurso hídrico. Finalmente, se recomienda la intervención conjunta de

comunidades, mineros y autoridades ambientales para mitigar la contaminación y proteger los servicios ecosistémicos del río Cauca.

Mestanza, C. et al. (2023), en el artículo científico titulado Evaluación de la contaminación por Hg en aguas fluviales y riesgo para la salud humana en zonas impactadas por actividades mineras en la Amazonía ecuatoriana, refiere que evaluaron la concentración de mercurio (Hg) en ríos y arroyos de cinco provincias de la Amazonía ecuatoriana, así como el riesgo para la salud humana por exposición a este metal. Para ello, analizaron 147 muestras de agua cercanas a zonas mineras, encontrando que el 100% excedió los límites máximos permisibles (LMP) para la preservación de la vida acuática según la normativa ecuatoriana, y el 7% superó los LMP para agua potable. Asimismo, en comparación con estándares internacionales como la Norma Europea de Calidad Ambiental (EQS), todas las muestras sobrepasaron los valores permitidos. La evaluación de riesgos probabilística evidenció una baja probabilidad de efectos adversos para la salud general; sin embargo, la evaluación determinista mostró que los niños presentan un riesgo sistémico duplicado respecto al nivel aceptable en escenarios residenciales. En ese sentido, los resultados resaltan la necesidad de implementar medidas urgentes para reducir la contaminación por mercurio y proteger a las comunidades amazónicas expuestas.

Pavan, J. V. et al. (2022), en el artículo científico titulado Evaluación de la calidad de aguas superficiales en espacios recreacionales: una propuesta integradora de marcadores químicos y microbiológicos, refieren que el cambio climático ha intensificado las interacciones entre los sistemas hídricos, los ecosistemas y la atmósfera, incrementando la presencia de microorganismos patógenos en los cuerpos de agua. Asimismo, señalan que este fenómeno, junto con el impacto de las actividades antrópicas, ha generado una mayor contaminación de los recursos hídricos,

comprometiendo la salud de las poblaciones expuestas. En este contexto, la caracterización de la contaminación resulta compleja, por lo que el estudio propone el uso de nitritos y fósforo como indicadores químicos, así como la detección de coliformes fecales, adenovirus humanos, picobirnavirus y enterovirus humanos infecciosos como marcadores microbiológicos. Estos indicadores permiten evaluar el riesgo de infecciones de origen hídrico en personas expuestas a aguas superficiales, especialmente en actividades recreativas.

Espinosa, C. y Márquez, K. (2014), en el artículo científico titulado Evaluación del impacto en la calidad del agua superficial del área de influencia de la Refinería Batalla de Santa Inés, Barinas, Venezuela, refieren que el modelo empírico aplicado en la evaluación del impacto de la refinería demostró ser coherente y útil como herramienta de planificación, aunque evidenció una notoria carencia de información de calidad sobre aguas superficiales. Asimismo, señalan que la operación de la refinería generaría un impacto negativo moderado sobre la calidad del agua en el caño El Barro, el cual ya presentaba contaminación previa debido a descargas de la Estación de Flujo Silván, principalmente por cloruros y fenoles. De acuerdo con el criterio de Pastakia y Jensen (1998), este efecto representa una ligera degradación del estado actual del recurso. No obstante, concluyen que la condición general del cuerpo de agua se mantendría similar a la situación existente antes de la operación de la refinería, lo cual se evidencia en el mapa de calidad de aguas superficiales elaborado.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Pino, E. (2012), en el informe técnico titulado Informe de resultados del monitoreo de la calidad del agua en la zona de influencia del Proyecto Breapampa de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., refiere que la Autoridad Nacional del Agua, a través de la Autoridad Administrativa del Agua Caplina – Ocoña, realizó el

primer monitoreo participativo de la calidad del agua en la microcuenca de Breapampa. Este estudio comprendió diversos cuerpos de agua, evidenciando que los mismos cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua en la categoría 3; sin embargo, se identificaron fuentes de contaminación difusa asociadas principalmente a actividades pecuarias, como la presencia de ganado en bofedales y quebradas, lo cual influye en la calidad del recurso hídrico.

2.1.3. Antecedentes locales

Fajardo, L. & Torres, R. (2022), en el informe técnico titulado Evaluación ambiental de seguimiento de agua superficial, agua subterránea y efluentes mineros en el área de influencia de la unidad minera Colquijirca de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., refieren que, durante los monitoreos realizados en septiembre y noviembre de 2022 en diversos puntos del río San Juan (CR-02, E-4, E-02, CR-4, MA-2, E-2, E-7 y E-10), se identificaron excedencias en los valores de pH, sulfatos, manganeso total y plomo total respecto a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua Categoría 3 – usos D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales), establecidos por el Ministerio del Ambiente del Perú mediante el D.S. N.º 004-2017-MINAM. Estas alteraciones se atribuyen principalmente a la presencia de pasivos ambientales mineros, antiguas labores y operaciones mineras activas aguas arriba del tramo evaluado (E-4 al MA-2), así como a la erosión de sedimentos contaminados provenientes del PAM 6372. Asimismo, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, en sus informes técnicos (Informe N.º 0065-2021-OEFA/DEAM-STEAC y evaluaciones del 2020 y 2022), señala que las concentraciones elevadas de metales totales se relacionan con la interacción del cauce del río San Juan con bloques rocosos ricos en sulfuros y óxidos utilizados como estructuras de contención. En comparación con la línea base, se evidenció un incremento significativo en las concentraciones de manganeso y plomo

total en diversos puntos de monitoreo, confirmando el deterioro progresivo de la calidad del agua superficial en la zona (pp. 29–30).

Carhuas, R. (2019), en la tesis titulada Evaluación de la contaminación físico-química y microbiológica de las aguas superficiales del río San Juan afectadas por la empresa minera El Brocal S.A. – 2019, refiere que, a partir de los análisis fisicoquímicos realizados en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de la Selva de Tingo María, se determinó una severa contaminación por metales pesados, especialmente hierro y plomo, evidenciando que la zona de estudio constituye una fuente significativa de aporte contaminante al río San Juan. Asimismo, señala que, al ser este río el principal tributario del lago Junín y origen del río Mantaro, contribuye directamente a la contaminación de estos cuerpos hídricos. En cuanto a los coliformes, se registró una baja presencia, atribuida a la acidez del agua, la cual favorece la reducción de este tipo de contaminación, especialmente de los coliformes totales, que son más sensibles a condiciones ácidas (p. 58).

Valerio, R. (2019), en la tesis titulada Evaluación de impactos ambientales generados por el botadero Condorcayán de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. a las zonas colindantes de la Comunidad Campesina Santa Rosa de Colquijirca del distrito La Fundición de Tinyahuarco – 2019, refiere que la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. desarrolla actividades de explotación a tajo abierto en el Tajo Norte y subterránea en Marcapunta Norte, generando aproximadamente 18,000 toneladas métricas diarias de mineral y más de 100,000 toneladas de desmonte, los cuales son depositados en el botadero Condorcayán. El estudio evaluó los impactos ambientales generados por dicho botadero, identificando efectos negativos principalmente en la calidad del agua de las zonas colindantes. En este contexto, se comprobó que en áreas cercanas al botadero se superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua Categoría 3

en metales como arsénico, plomo, zinc y cadmio, lo cual representa un riesgo para los pastizales y poblaciones aledañas.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Contaminación del agua

La contaminación del agua es un problema ambiental causado principalmente por actividades humanas como la industria, la agricultura y la minería, las cuales liberan metales totales y sustancias químicas que deterioran la calidad del agua y afectan tanto a los ecosistemas como a la salud humana (Kumar et al., 2020). Esta contaminación se manifiesta en la alteración de la composición del agua, haciéndola tóxica e inutilizable para el consumo y otras actividades esenciales (United Nations Environment Programme, 2021). Según la OMS, el agua contaminada es responsable de más de 500.000 muertes anuales por enfermedades transmitidas como cólera, disentería y fiebre tifoidea (Iberdrola, 2024).

2.2.2. Fuentes de Contaminación del agua en la Minería

Los procesos mineros generan efluentes que pueden contener una variedad de contaminantes, incluidos metales totales como el plomo, mercurio y arsénico. Según la Agencia de Protección Ambiental (EPA, 2019), la escorrentía de aguas pluviales que ha interactuado con materiales mineros puede transportar estos contaminantes a ríos y lagos, alterando gravemente su calidad.

La minería es una de las actividades que más contribuye a la contaminación del agua. Aquí te presento las principales fuentes de contaminación del agua asociadas a la minería:

- a. Derrames de sustancias químicas:** Los procesos de extracción y procesamiento de minerales a menudo utilizan productos químicos tóxicos, como cianuro y mercurio, que pueden filtrarse en cuerpos de agua (Morrison et al., 2019).

- b. Escorrentía de minerales:** Durante la minería a cielo abierto, la escorrentía puede arrastrar partículas de minerales y metales totales hacia ríos y lagos, contaminando el agua (Garrido et al., 2020).
- c. Desechos mineros:** Los relaves, que son los residuos resultantes del procesamiento de minerales, a menudo contienen sustancias tóxicas que pueden filtrarse al agua subterránea (Baker & Sweeney, 2021).
- d. Alteración de ecosistemas:** La minería puede modificar el flujo natural del agua y dañar los ecosistemas acuáticos, lo que también contribuye a la contaminación (He et al., 2022).

2.2.3. Monitoreo de la Calidad del Agua

El monitoreo de la calidad del agua es fundamental para evaluar la contaminación y sus impactos. Requiere técnicas rigurosas de muestreo y análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos, siguiendo métodos estandarizados como los de la APHA (2017). Este proceso es clave para proteger la salud pública, conservar los ecosistemas y garantizar el uso sostenible del recurso hídrico.

2.2.4. Componentes del Monitoreo de la Calidad del Agua

- a. Parámetros Físicos:** Incluyen temperatura, turbidez, y color. Estos parámetros ayudan a evaluar el estado físico del agua.
- b. Parámetros Químicos:** Involucran la medición de pH, oxígeno disuelto, nutrientes (como nitrógeno y fósforo), y metales pesados. Estos son cruciales para entender la composición química del agua y sus posibles riesgos (United States Environmental Protection Agency, 2018).
- c. Parámetros Biológicos:** Incluyen la detección de bacterias, virus y otros microorganismos. Este aspecto es fundamental para evaluar la salud del agua en relación con el uso humano (World Health Organization, 2020).

- d. Métodos de Monitoreo:** Se utilizan técnicas como la toma de muestras en puntos específicos, el uso de sensores en tiempo real y el análisis de laboratorio para evaluar la calidad del agua.

2.2.5. Marco Legal

El presente estudio estará basado en una serie de normas ambientales vigentes que respaldan la investigación, por tanto, en Perú el marco legal para la calidad del agua superficial está compuesto por diversas leyes, normas y regulaciones que buscan proteger y gestionar los recursos hídricos. A continuación, se presentan los principales elementos de este marco:

1. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, para la Categoría 3:

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias:

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas.

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos. (Ver anexos)

2. Ley general del ambiente Ley N° 28611

La presente Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

2.3. Definición de términos conceptuales

Aguas superficiales. Es aquella que se encuentra o fluye sobre la superficie terrestre en cuerpos como ríos, lagos, lagunas y quebradas. Forma parte del ciclo hidrológico y es utilizada para consumo humano, riego, recreación y conservación de ecosistemas acuáticos (Ministerio de Agricultura, 2010, art. 3).

Contaminación del agua: Es la introducción de contaminantes en cuerpos de agua que afectan su calidad y pueden tener efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente. (OMS, 2021).

Consecuencias de la contaminación del agua. Esta genera graves consecuencias, como problemas de salud humana, intoxicación de la fauna y deterioro de los ecosistemas. El exceso de nutrientes provenientes de la escorrentía agrícola e industrial puede causar proliferación de algas, lo que lleva a la formación de zonas muertas con bajos niveles de oxígeno, afectando la vida acuática (Nuñez, 2024).

Calidad del agua. Se define por sus características físicas, químicas y biológicas, las cuales determinan su idoneidad para distintos usos, tanto humanos como ecológicos (USGS, 2019). Según la OMS y otros organismos, esta calidad puede evaluarse en su estado natural o tras alteraciones humanas, comparando sus propiedades

con estándares establecidos. Aunque suele asociarse al consumo humano, su definición varía según el uso previsto (BCN, 2016).

Contaminación del agua por la minería. Esto ocurre cuando agentes químicos como el cianuro o ácido sulfúrico se filtran hacia cuerpos de agua cercanos. El Drenaje Ácido de la Minería (DAM) es uno de los impactos más graves y persistentes de esta industria, ya que puede causar daños severos y duraderos en ríos, arroyos y ecosistemas acuáticos, funcionando como una “máquina de contaminación perpetua” (Revilla, 2018).

Monitoreo de agua. Consiste en recolectar datos para evaluar su calidad y verificar el cumplimiento de estándares establecidos (U.S. EPA, 2020). Este proceso permite diagnosticar el estado de los recursos hídricos mediante indicadores físico-químicos obtenidos a través de mediciones sistemáticas, siguiendo metodologías y protocolos estandarizados (SINIA, 2016).

Sustancias contaminantes. Los contaminantes del agua son sustancias que, en concentraciones elevadas, pueden afectar la salud humana y el medio ambiente (U.S. EPA, 2019). Entre los principales se encuentran bacterias, virus, pesticidas, fertilizantes, fármacos, plásticos y materiales radiactivos. Muchos de estos no alteran visiblemente el agua, por lo que su detección requiere análisis químicos y biológicos específicos (Iberdrola, 2024).

Formulación de Hipótesis

Hipótesis general

H0: La calidad del agua en la zona de estudio de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. - UM Colquijirca durante octubre de 2023 mostrará niveles de contaminación que exceden los límites permitidos por las normativas ambientales, indicando un impacto negativo de las actividades mineras en el recurso hídrico.

H1: La calidad del agua en la zona de estudio de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. - UM Colquijírca durante octubre de 2023 mostrará niveles normales en sus parámetros evaluados no excediendo a los límites permitidos por las normativas ambientales, indicando la inexistencia de un impacto negativo por parte de las actividades mineras en el recurso hídrico.

Hipótesis específicas

- a. La calidad microbiológica del agua y concentración de metales totales en la zona de estudio presentarán niveles de contaminación que superan los estándares de salubridad, lo que reflejará un deterioro significativo de la calidad del agua en la zona afectada por la minería.
- b. La presencia de contaminantes específicos en el agua de la zona estudiada estará correlacionada con la proximidad a las operaciones mineras de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., indicando un vínculo directo entre la actividad minera y la calidad del agua.
- c. La proximidad a las actividades mineras está correlacionada con los niveles de contaminación en el agua, de modo que las muestras más cercanas a la mina presentan mayores concentraciones de contaminantes.

2.4. Enfoque filosófico - epistémico

El presente estudio es **Post-positivista** con realismo crítico y ejecución pragmática. La calidad del agua es una realidad independiente, pero el conocimiento es falible y probabilístico; se contrasta empíricamente y se optimiza para decisión regulatoria y de riesgo (Popper, 2002; Bhaskar, 2008; Creswell & Creswell, 2018).

2.4.1. Enfoque Filosófico

El estudio se orienta bajo el enfoque positivista, propio de las ciencias naturales, que busca describir, medir y comparar fenómenos observables de manera objetiva. Este

enfoque sostiene que el conocimiento válido se obtiene mediante la observación empírica y el análisis cuantitativo (Hernández, Fernández & Baptista, 2021).

En esta investigación, el positivismo se refleja en el análisis de los resultados del monitoreo del agua superficial, contrastados con valores normativos establecidos por el ECA para agua – categoría 3, con el propósito de verificar su cumplimiento.

Según Sampieri (2018), el positivismo orienta a los investigadores a emplear métodos sistemáticos, observacionales y medibles, buscando explicar los fenómenos naturales a partir de datos empíricos verificables.

2.4.2. Enfoque Epistémico

El enfoque epistémico corresponde al empirismo-analítico, ya que el conocimiento se construye a partir de la observación y medición de parámetros reales del agua (pH, metales pesados, turbidez, etc.) obtenidos en campo.

El proceso de análisis parte de la experiencia directa (los resultados del monitoreo) para generar conocimiento verificable, apoyándose en normas técnicas y científicas (APHA, 2017; U.S. EPA, 2020).

Este enfoque permite comprender la calidad ambiental desde una base objetiva y comprobable, fundamentando las conclusiones en datos cuantificables, sin recurrir a interpretaciones subjetivas.

Tamayo y Tamayo (2008) señala que el enfoque empírico-analítico busca establecer relaciones causales y explicaciones racionales a partir de la evidencia obtenida en la realidad observable.

La finalidad de este estudio es describir y evaluar la calidad del agua superficial en función de su cumplimiento con la normativa ambiental peruana (ECA categoría 3).

Identificación de Variables

La presente investigación presenta como variable de estudio sólo a una variable también denominado Univariable y es el siguiente:

Evaluación de la contaminación del agua: Un estudio basado en el monitoreo de agua de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A UM Colquijírca, octubre - 2023.

Tabla 1. Definición Operacional de Variables e Indicadores

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	MÉTODO – INSTRUMENTO
La presente investigación presenta como variable de estudio sólo a una variable también denominado Univariable y es el siguiente: Evaluación de la contaminación del agua: Un estudio basado en el monitoreo de agua de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A UM Colquijirca, octubre - 2023.	El monitoreo de agua es un proceso sistemático de recolección y análisis de muestras de agua con el propósito de evaluar su calidad y detectar la presencia de contaminantes. Este proceso implica la medición de diversas características físicas (como temperatura y turbidez), químicas (como pH, oxígeno disuelto y concentración de metales pesados) y biológicas (como la presencia de microorganismos patógenos). El monitoreo se realiza regularmente en cuerpos de	El monitoreo de agua se define operativamente como el conjunto de actividades sistemáticas que incluyen la recolección de los resultados de las muestras de agua de diversas fuentes o puntos de monitoreo en este caso del agua superficial de la UM Colquijirca de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A, correspondiente al mes de octubre - 2023, en 9 puntos de monitoreo para determinar parámetros físicos (temperatura, turbidez), químicos (pH, concentración de metales pesados, nutrientes) y biológicos (presencia de microorganismos patógenos), así como la	Recopilación de los resultados del monitoreo de calidad de agua superficial UM Colquijirca de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A – octubre 2023.	Parámetros evaluados en 9 puntos de monitoreo: - Conductividad - Temperatura - pH - OD - STS - Aceites y Grasas - DBO - DBQ - Cianuro libre - Parámetros Microbiológicos - Metales Totales - Otros	- DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. - Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338) - Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos - Norma Técnica de Calidad del Agua -Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) -Sistema Nacional de Evaluación de la Calidad Ambiental -Procedimiento de muestreo: INS-P-I&E-ENV.1

	agua como ríos, lagos, embalses y aguas subterráneas, y es fundamental para asegurar el cumplimiento de normativas ambientales, proteger la salud pública y conservar los ecosistemas acuáticos. Los datos obtenidos del monitoreo son utilizados para la toma de decisiones en la gestión del agua, la planificación de políticas ambientales y la prevención de la contaminación. (EPA, 2020)	interpretación de los resultados en función de estándares de calidad establecidos (ECA – Agua). Este proceso se realiza para identificar fuentes de contaminación y facilitar la toma de decisiones para la gestión del recurso hídrico.			
--	--	---	--	--	--

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es Descriptiva, no experimental transversal, porque: Este tipo de investigación se enfoca en describir las características de la calidad del agua superficial en la zona de estudio. Implicando el recopilar los resultados del monitoreo y analiza estos resultados para identificar la presencia de contaminantes y sus concentraciones y compararlo con la normativa (ECA para agua - categoría 3).

Investigación Descriptiva: Ya que se centra en identificar, describir y analizar los valores de los parámetros físico-químicos obtenidos en el monitoreo de agua superficial en la Unidad Minera Colquijirca durante el año 2023, así como en compararlos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, con la finalidad de determinar su nivel de cumplimiento conforme a la normativa ambiental vigente.

Investigación No Experimental: Porque no implica la manipulación de las variables, sino que se observa y analiza el fenómeno en su contexto natural. Se recopila la información sobre el monitoreo realizado sin alterar el entorno.

Investigación Transversal: Porque se realizó la evaluación en un momento específico de tiempo, es decir recopilando información sobre los resultados del monitoreo de agua superficial del mes de octubre del 2023 en 6 puntos de monitoreo.

3.2. Nivel de Investigación

El nivel es Descriptivo, enfoque cuantitativo, aplicado, diseño no experimental–transversal con análisis retrospectivo de datos de octubre 2023.

Objetivo: caracterizar el estado de calidad y verificar cumplimiento ECA cat. 3 por punto y parámetro.

Sustento metodológico: describe fenómenos tal como ocurren sin manipulación de variables y compara contra criterios normativos. (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018; Creswell & Creswell, 2018)

3.3. Características de la investigación

La presente investigación cuenta con las siguientes características:

Descriptivas - observacionales porque se basa en describir y comparar los resultados del monitoreo de agua superficial con la normativa ambiental en busca de su comportamiento y cumplimiento a los objetivos planteados.

Enfoque Descriptivo: Se centra en describir y analizar los resultados del monitoreo ejecutadas en octubre 2023, proporcionando un panorama más cercano a la realidad de esta manera poder determinar como el estudio basado en el monitoreo de agua superficial de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. - UM Colquijirca, octubre – 2023, reflejará en la contaminación del agua de la zona en estudio.

Metodología Estandarizada: Emplea técnicas y procedimientos reconocidos para el muestreo y análisis de agua, asegurando la consistencia y comparabilidad de los resultados.

Transversal: La investigación se realiza en un momento específico, analizando sólo los resultados del monitoreo de un solo mes (octubre 2023), lo que permite obtener información puntual.

Comparativa: Permite la comparación entre los resultados recopilados y los estándares de calidad establecidos por normativas nacionales e internacionales ECA para agua – categoría 3).

Clasificación operativa para el documento:

- a. Tipo: aplicada orientada a cumplimiento regulatorio.
- b. Diseño: no experimental, transversal, retrospectivo.
- c. Población y muestra: estaciones monitoreadas en octubre 2023.
- d. Unidad de análisis: punto de monitoreo–parámetro.
- e. Técnicas: estadística descriptiva, comparación con umbrales ECA

3.4. Métodos de Investigación

Se toma como método general al analítico y deductivo. Método analítico para el análisis de los resultados del monitoreo de calidad de agua superficial de la UM Colquijirca correspondiente al mes de octubre del año 2023 y comparación con la normativa ambiental (ECA – categoría 3) y el método deductivo para deducir si a partir de los resultados estos reflejarán la contaminación del agua de la zona de estudio.

3.5. Diseño de Investigación

La presente investigación presenta un diseño Descriptivo no experimental y Transversal. por las siguientes razones:

Descriptivo: Permitió recopilar y analizar los resultados del monitoreo de agua superficial efectuados en octubre 2023, comparándolos con la normativa (ECA – Agua) para determinar su comportamiento. Para luego poder deducir si a partir de los resultados estos reflejan la contaminación del agua de la zona en estudio.

Investigación No Experimental: Se observa y determina el nivel de contaminación y su posible relación con las actividades mineras, sin manipular las variables.

Transversal: Se realizó un análisis en un momento específico (octubre de 2023), permitiendo una instantánea de la calidad del agua superficial en ese periodo.

3.6. Procedimiento del muestreo

3.6.1. Población

La población del presente estudio está constituida por los cuerpos de agua superficial ubicados en la zona de influencia de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., correspondientes a la Unidad Minera Colquijirca.

Estos cuerpos de agua comprenden sectores del río San Juan, río Blanco y la laguna Pun Run, donde se distribuyen los nueve puntos de monitoreo de los cuales solo 6 fueron considerados en la investigación.

La extensión espacial de la población se encuentra comprendida dentro de un corredor hídrico aproximado de 18.5 km, calculado entre los puntos de monitoreo más distantes registrados en la campaña de octubre de 2023 (ver Anexo N° IV).

3.6.2. Muestra

La muestra está representada por la recopilación de los resultados de 6 puntos de monitoreo de agua superficial realizados en la UM Colquijirca del área de influencia a la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. teniendo como distancia de un punto a otro de 200 metros aproximadamente sin alterar los procesos existentes. A continuación, se presentan los puntos de muestreo:

Tabla 2. *Puntos de Monitoreo de calidad de agua superficial - UM Colquijirca*

Estación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Descripción/Ubicación
	Norte	Este		
AGUAS ARRIBA				
E-IJ	8807769	0356159	4205	Ingreso a la central de Jupayragra
PC -A	8808359	0362232	4178	Aguas arriba de la descarga de la laguna de oxidación
INFUENCIA DIRECTA				
E - SRB	8801745	0353514	4237	Descarga de la central de Río Blanco
AGUAS ABAJO				
E- PUNRUN	8802983	0344473	4305	Laguna Punrun
MA - 2	8805449	0359961	4154	Río San Juan, aguas debajo de la planta de beneficio y de los depósitos de relaves.
G - 30	8806368	0358430		Río San Juan
PUNTOS EXCLUIDOS				
E -AND	8808564	0358795	4150	Río San Juan a 60m aguas arriba puente los Ángeles, es la estación de entrada a la unidad minera, sin flujo volumétrico.
E- UNISH	8808148	0362318	4189	Riachuelo Ocshapampa, corresponde a la unión de las
E - 7	8813334	0356764	4187	aguas de la descarga de las aguas servidas tratadas. Río San Juan a 60m aguas arriba puente del Ángeles, es la estación de entrada a la Unidad Minera.

Coordenadas en el sistema WGS84

Fuente: SGS (2023) Informe de Campo – Monitoreo mensual. Sociedad Minera el Brocal S.A.A Unidad Minera Colquijirca.

Inicialmente se identificaron nueve (09) estaciones de monitoreo en el ámbito de estudio; sin embargo, para el desarrollo de la presente investigación se consideraron únicamente seis (06) estaciones (E-IJ, PC-A, E-SRB, E-PUNRUN, MA-2 y G-30), debido a que cuentan con resultados analíticos disponibles correspondientes al periodo octubre 2023. Las estaciones E-AND, E-UNISH y E-7 fueron excluidas del análisis por

no presentar datos, lo cual impide su evaluación respecto al cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3.

Es importante precisar que el presente estudio se basa en la información disponible del monitoreo de calidad de agua superficial correspondiente al periodo de evaluación, el cual contempla parámetros físico-químicos y algunos parámetros químicos como el cianuro y metales.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a. Técnicas:

- **Observación Directa:** Observación de la zona de estudio, con la finalidad de poder deducir si a partir de los resultados éstos se reflejan en la contaminación del agua superficial de la zona en estudio.
- **Análisis Documentario:** Realizamos el análisis de todos los resultados del monitoreo de agua superficial comparándolo con la normativa ambiental vigente (ECA para agua – categoría 3) para identificar su comportamiento en los cuerpos de agua de la zona de estudio. Así mismo se analizó y evaluó toda la documentación existente sobre los resultados del monitoreo de agua superficial de la UM Colquijírca, antecedentes y el cumplimiento de objetivos.

b. Instrumentos:

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron instrumentos de tipo documental y técnico, orientados a la sistematización, comparación e interpretación de los datos de calidad de agua superficial. Entre ellos se consideran:

- **Ficha de registro de datos de monitoreo,** empleadas para recopilar y organizar los datos provenientes de los reportes oficiales de monitoreo de agua superficial realizados en la Unidad Minera Colquijírca (octubre 2023).

- **Matriz de comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3**, utilizada para clasificar los resultados obtenidos en los 6 puntos de monitoreo y compararlos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3.
- **Ficha de análisis e interpretación de resultados**, mediante la cual se contrastaron los resultados con la normativa ambiental vigente del Ministerio del Ambiente (MINAM).
- Guía de análisis documental.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La presente investigación utilizó las siguientes técnicas de procesamiento y análisis de datos:

Estadística Descriptiva: con la finalidad de organizar, resumir y describir las características de los datos obtenidos, mediante el uso de valores de concentración, identificación de máximos y mínimos, así como la representación gráfica de los resultados.

Comparación con Normativas Peruanas vigentes: Se utilizó esta, mediante la contrastación de los valores obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 establecidos por el Ministerio del Ambiente del Perú, lo que permitió determinar el nivel de cumplimiento o incumplimiento de la normativa ambiental vigente

Interpretación de Resultados, orientado a evaluar el comportamiento de los parámetros físico-químicos y metales totales en función de su distribución espacial, identificando posibles fuentes de contaminación y su relación con actividades mineras en la zona de estudio.

Análisis Gráfico, se utilizó gráficos de barras, líneas o pastel para representar visualmente los datos recopilados, de esta manera hacer más accesible y comprensible la información para la presentación de resultados.

3.9. Orientación ética

La dimensión ética de esta investigación es crucial para asegurar la validez y confiabilidad de los resultados, además de salvaguardar a los participantes y fomentar un efecto positivo en la organización y la comunidad. Estas cuestiones éticas deben ser incorporadas en cada fase del proceso de investigación.

Transparencia: Se mantiene la transparencia respecto a los objetivos de la investigación, la metodología y los resultados anticipados, evitando cualquier forma de manipulación de datos. Los hallazgos se publicarán y se compartirán con la empresa y la comunidad, promoviendo así una cultura de confianza.

Integridad Académica: Se mantendrán los estándares éticos en esta investigación, evitando el plagio y el uso inapropiado de las ideas ajenas. Todas las fuentes utilizadas son citadas correctamente y se reconocen las contribuciones de otros investigadores. La estructura de la investigación se alineó con el esquema establecido por la UNDAC Pasco.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos del monitoreo de agua superficial realizado en la Unidad Minera Colquijirca de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., correspondiente al periodo de octubre de 2023. La información proviene de los informes técnicos de campo y laboratorio elaborados por SGS del Perú S.A.C. (2023), los cuales fueron contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

El propósito de este capítulo es exponer los resultados de forma ordenada según los objetivos específicos planteados, describiendo los parámetros físicos-químicos determinados en las muestras de agua superficial, así como su grado de cumplimiento respecto a la normativa ambiental vigente. Dado que la investigación es de tipo descriptivo, el análisis se centra en la observación, comparación e interpretación de los valores obtenidos, identificando los posibles factores que influyen en las variaciones detectadas en cada punto de monitoreo.

4.1.1. Identificación y descripción de valores de los parámetros físico-químicos obtenidos en el monitoreo de agua superficial en las estaciones de la Unidad Minera Colquijirca, octubre 2023.

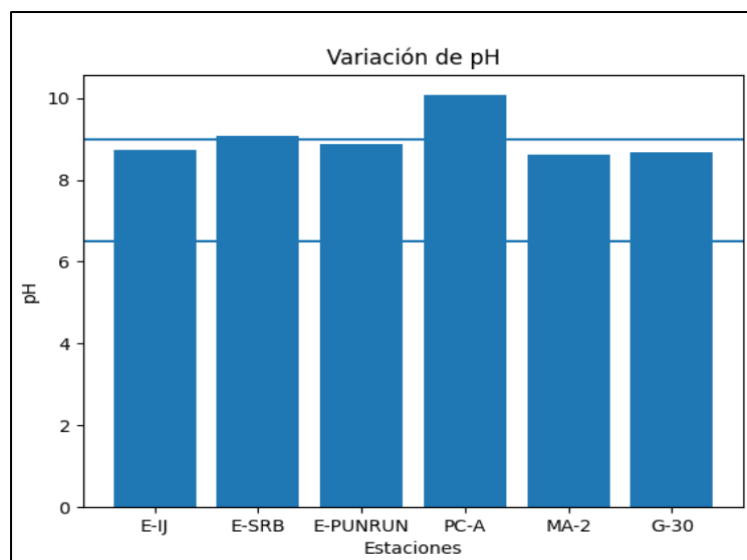
Resultados por parámetros (pH, CE, TDS, CN)

a) Potencial de hidrógeno (pH)

Los valores de pH registrados en las estaciones de monitoreo de agua superficial durante octubre de 2023 presentan variabilidad entre los diferentes puntos evaluados. La estación PC-A muestra el valor más elevado (10.07), superando el rango establecido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 (6.5 – 8.5). En contraste, las demás estaciones presentan valores dentro del rango permisible, evidenciando el cumplimiento de la normativa vigente para este parámetro.

En términos espaciales, la estación PC-A se ubica aguas arriba de las descargas operativas, por lo que su resultado se interpreta como una condición de referencia dentro del sistema evaluado. En general, los resultados evidencian cumplimiento de los ECA para pH en la mayoría de las estaciones, con excepción puntual de PC-A.

Figura 1. Variación del pH en estaciones de monitoreo de agua superficial – UM Colquijirca, octubre 2023.



Fuente: Elaboración propia

La Figura 1 muestra la variación espacial del pH en las estaciones de monitoreo evaluadas. Los valores registrados oscilan entre 8.63 y 10.07, evidenciando una condición predominantemente alcalina en todos los puntos de muestreo.

La estación PC-A presenta el valor más elevado (10.07), destacándose respecto a las demás estaciones, mientras que MA-2 registra el valor más bajo (8.63). Las estaciones E-IJ, E-SRB, E-PUNRUN y G-30 presentan valores relativamente homogéneos, con ligeras variaciones dentro del mismo rango alcalino. Esta distribución evidencia una variabilidad espacial moderada del pH en el sistema hídrico evaluado, con predominancia de condiciones alcalinas en todas las estaciones de monitoreo.

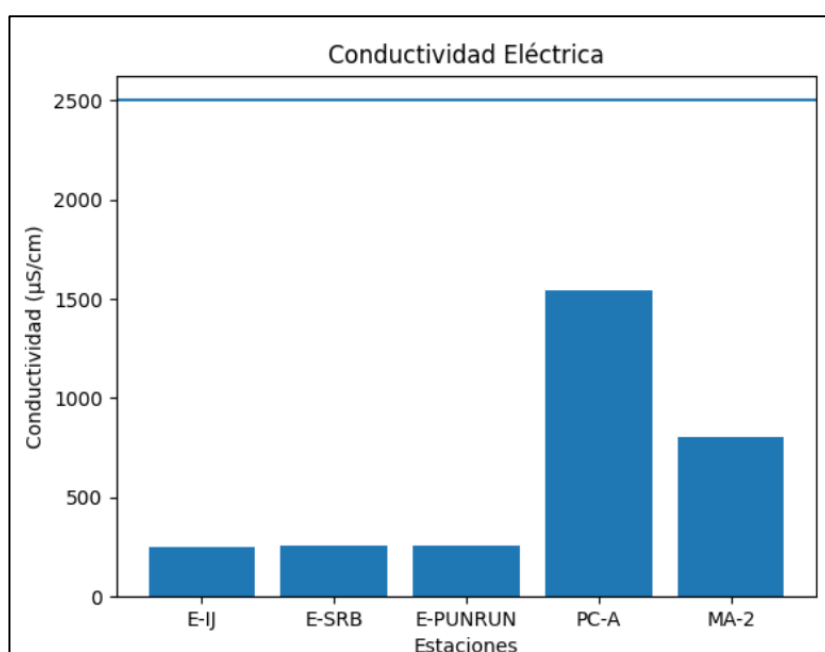
b) Conductividad eléctrica (CE)

Los valores de conductividad eléctrica registrados en las estaciones de monitoreo presentan un rango amplio. Las estaciones E-IJ, E-SRB y E-PUNRUN presentan valores bajos ($<300 \mu\text{S/cm}$), mientras que la estación

MA-2 registra un valor intermedio (804 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y la estación PC-A el valor más elevado (1,540 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Al comparar estos resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 (límite de 2,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), se observa que todas las estaciones cumplen con la normativa vigente. En general, la distribución espacial de la conductividad eléctrica evidencia variabilidad entre estaciones, sin registrarse excedencias respecto a los límites establecidos.

Figura 2. Conductividad eléctrica en estaciones de monitoreo de agua superficial – UM Colquijirca, octubre 2023.



Fuente: Elaboración propia

La Figura 2 presenta la variación de la conductividad eléctrica en las estaciones de monitoreo evaluadas. Los valores registrados muestran un rango amplio, desde 253.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la estación E-IJ hasta 1540.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la estación PC-A.

Las estaciones E-IJ, E-SRB y E-PUNRUN presentan valores similares y relativamente bajos, lo que evidencia una baja concentración de sales

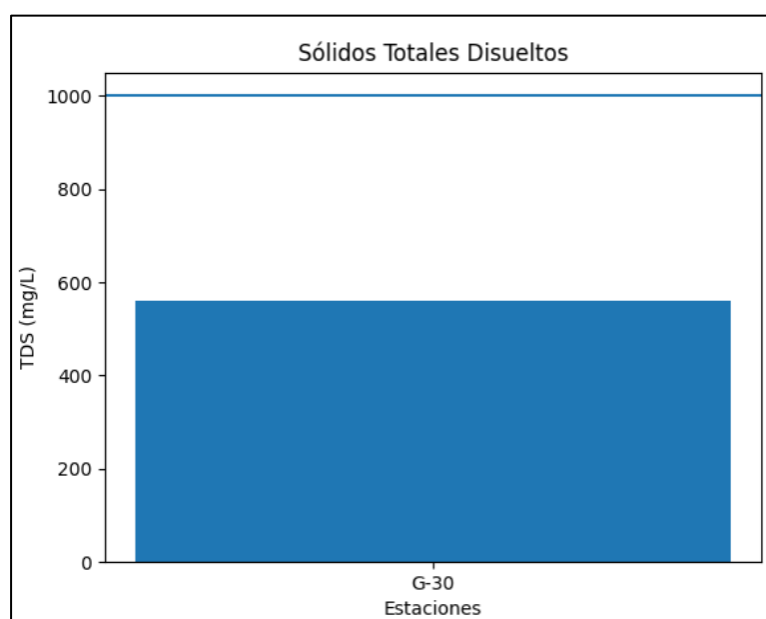
disueltas en estos puntos. Por otro lado, la estación MA-2 registra un valor intermedio (804.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$), mientras que PC-A destaca por presentar el valor más elevado entre todas las estaciones evaluadas.

La distribución de la conductividad eléctrica evidencia una variabilidad espacial significativa, lo que sugiere diferencias en los niveles de mineralización del agua entre las estaciones de monitoreo.

c) Sólidos Totales Disueltos (TDS)

La concentración de sólidos totales disueltos (TDS) registrada en la estación G-30 durante octubre de 2023 se encuentra dentro del límite establecido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 (1,000 mg/L). En ese sentido, el valor obtenido evidencia el cumplimiento de la normativa vigente para este parámetro, sin registrarse excedencias en la estación evaluada.

Figura 3. Concentración de sólidos totales disueltos (TDS) en la estación G-30 – UM Colquijirca, octubre 2023.



Fuente: Elaboración propia

La Figura 3 muestra la concentración de sólidos totales disueltos (TDS) en la estación de monitoreo G-30, siendo este el único punto donde se dispone de información para este parámetro. El valor registrado es de 560.0 mg/L.

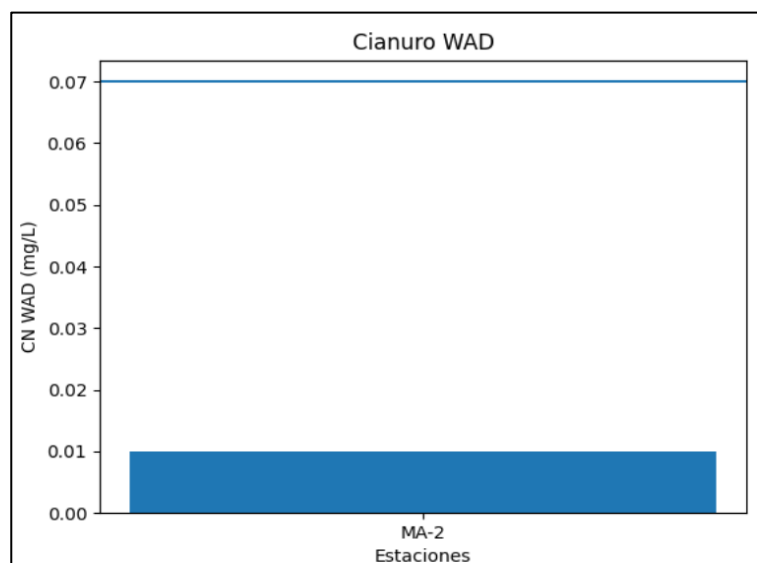
Al tratarse de un único punto de evaluación, no es posible establecer comparaciones espaciales entre estaciones. Sin embargo, el valor obtenido permite caracterizar la presencia de sólidos disueltos en esta estación específica, evidenciando un nivel moderado de concentración de sales en el agua. La ausencia de datos en las demás estaciones limita el análisis comparativo del comportamiento espacial de este parámetro en el área de estudio.

d) Cianuro total (CN total) y cianuro WAD

Los resultados de cianuro total (CN total) y cianuro débilmente ácido disociable (CN WAD) muestran concentraciones de 0.0008 mg/L en la estación E-PUNRUN y 0.01 mg/L en la estación MA-2, mientras que en las estaciones E-IJ, E-SRB, PC-A y G-30 los valores se encuentran por debajo del límite de detección o no son cuantificables.

Al comparar estos resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 (valor de referencia para cianuro libre: 0.07 mg/L), se observa que todas las estaciones cumplen con la normativa vigente. En términos generales, los resultados evidencian concentraciones bajas de cianuro en las estaciones evaluadas, sin excedencias respecto a los límites establecidos.

Figura 4. *Concentración de cianuro WAD en estaciones de monitoreo de agua superficial – UM Colquijirca, octubre 2023.*



Fuente: *Elaboración propia*

La Figura 4 presenta la concentración de cianuro WAD en las estaciones de monitoreo evaluadas. Se dispone de información únicamente para la estación MA-2, donde se registra un valor de 0.01 mg/L.

Debido a la disponibilidad de datos en una sola estación, no es posible realizar un análisis comparativo entre puntos de monitoreo. No obstante, el valor obtenido permite identificar la presencia de este parámetro en la estación evaluada. La falta de registros en las demás estaciones restringe la interpretación del comportamiento espacial del cianuro en el sistema hídrico analizado.

Es importante señalar que algunos parámetros no fueron registrados en todas las estaciones de monitoreo, lo que limita el análisis comparativo espacial para dichos casos. En consecuencia, la interpretación de los resultados se realiza en función de la información disponible para cada parámetro.

4.1.2. Comparando los resultados de los parámetros de calidad de agua superficial con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, establecidos en la normativa ambiental vigente.

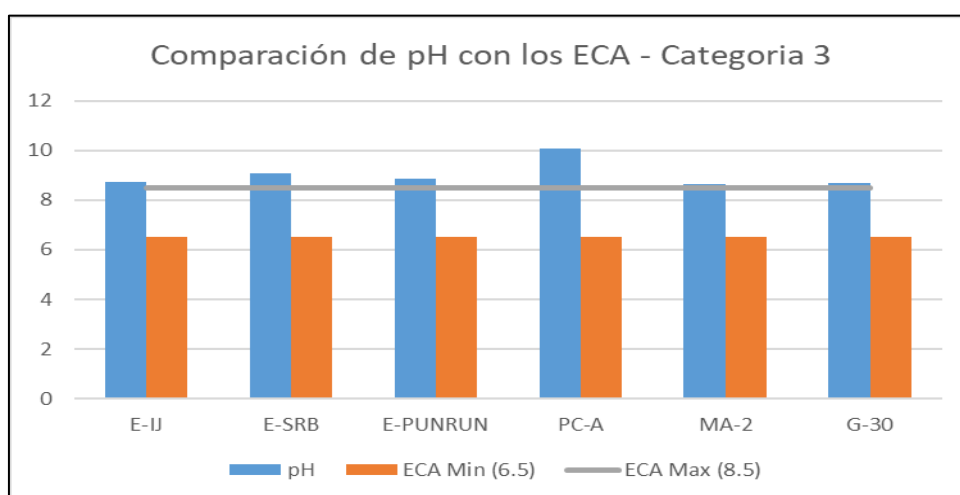
En el presente apartado se realiza la comparación de los valores obtenidos en el monitoreo de agua superficial de la Unidad Minera Colquijirca (octubre de 2023) con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, establecidos en la normativa ambiental peruana vigente mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

a. Potencial de hidrógeno (pH)

Los valores de pH registrados en las estaciones de monitoreo oscilan entre 8.63 y 10.07. De acuerdo con los ECA para agua – Categoría 3, el rango permisible para este parámetro se encuentra entre 6.5 y 9.0.

En este sentido, se observa que las estaciones E-IJ, E-SRB, E-PUNRUN, MA-2 y G-30 presentan valores dentro del rango establecido. Sin embargo, la estación PC-A registra un valor de 10.07, el cual supera el límite máximo permisible, evidenciando una condición fuera de los estándares normativos para este parámetro.

Figura 5. Comparación del pH con los ECA – Categoría 3



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La comparación de los valores de pH registrados en las estaciones de monitoreo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua –Categoría 3 (rango permisible: 6.5 – 9.0) evidencia que la mayoría de las estaciones se encuentran dentro de los límites establecidos.

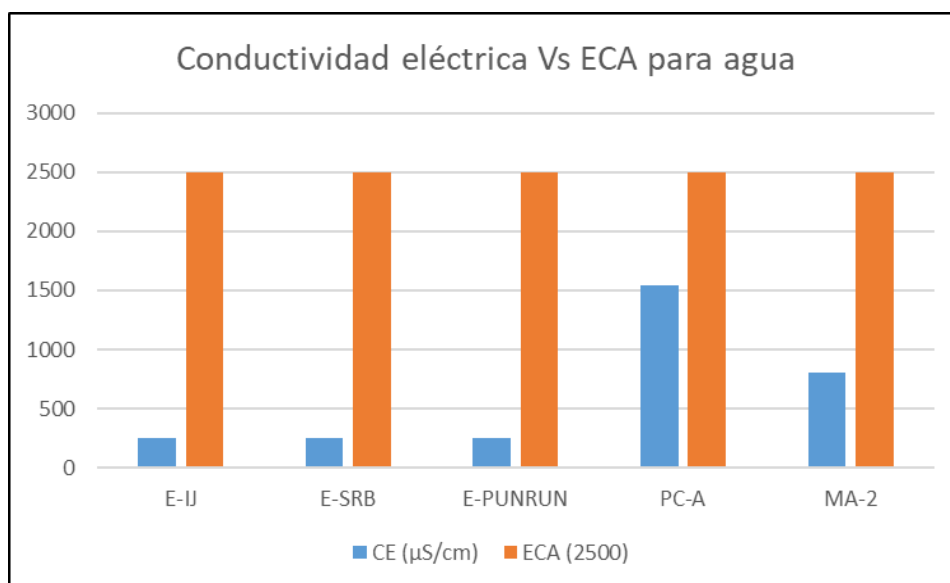
Las estaciones E-IJ (8.72), E-SRB (9.07), E-PUNRUN (8.86), MA-2 (8.63) y G-30 (8.68) presentan valores cercanos o dentro del rango permisible. No obstante, la estación PC-A registra un valor de 10.07, el cual excede el límite máximo permitido, evidenciando una alteración en las condiciones normales del agua en dicho punto. Este resultado indica una excedencia puntual del parámetro pH en la estación PC-A, mientras que las demás estaciones no presentan incumplimientos significativos.

b. Conductividad eléctrica (CE)

Los valores de conductividad eléctrica varían entre 253.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1540.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en las estaciones evaluadas. El valor de referencia establecido por los ECA para agua –Categoría 3 es de 2,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Al comparar los resultados obtenidos con el estándar normativo, se evidencia que todas las estaciones de monitoreo presentan valores por debajo del límite establecido, por lo que no se identifican excedencias para este parámetro en el área de estudio.

Figura 6. Comparación de la Conductividad Eléctrica con los ECA – Categoría 3



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La comparación de la conductividad eléctrica con el valor de referencia establecido por los ECA para agua – Categoría 3 (2,500 µS/cm) muestra que todas las estaciones evaluadas se encuentran por debajo del límite permisible.

Los valores registrados varían entre 253.0 µS/cm y 1540.0 µS/cm, siendo la estación PC-A la que presenta la mayor conductividad, seguida de MA-2 con 804.0 µS/cm. Las estaciones E-IJ, E-SRB y E-PUNRUN presentan valores considerablemente menores. En ningún caso se evidencian excedencias respecto al estándar normativo, lo que indica que la conductividad eléctrica no representa un parámetro crítico en el área evaluada durante el periodo de monitoreo.

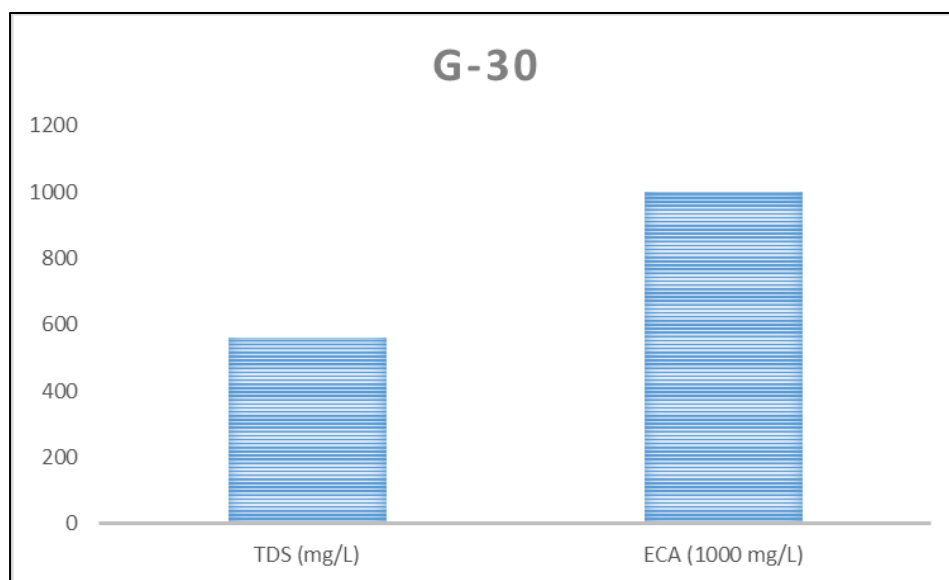
c. Sólidos Totales Disueltos (TDS)

Para el parámetro de sólidos totales disueltos (TDS), se dispone de información únicamente en la estación G-30, donde se registra un valor de 560.0 mg/L. El ECA para agua – Categoría 3 establece un límite máximo de 1,000 mg/L.

En este caso, el valor obtenido se encuentra por debajo del estándar normativo, evidenciando que no existe excedencia en la estación evaluada. No obstante, la

ausencia de datos en las demás estaciones limita el análisis comparativo a nivel espacial.

Figura 7. Comparación de los Sólidos Totales Disueltos (TDS) con los ECA – Categoría 3



Fuente: Elaboración propia

La Figura 7 presenta la comparación de los sólidos totales disueltos (TDS) respecto a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – categoría 3. Se observa que la estación G-30 registra un valor de 560 mg/L, el cual se encuentra por debajo del límite máximo permisible de 1000 mg/L, evidenciando cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

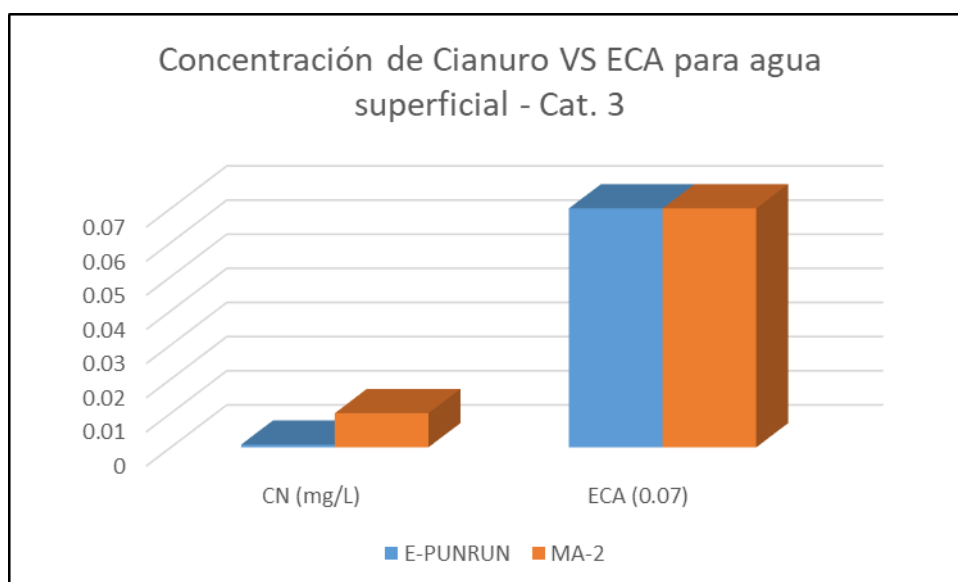
Sin embargo, al contar únicamente con un punto de monitoreo para este parámetro, no es posible realizar un análisis comparativo entre estaciones, lo que limita la evaluación espacial de la calidad del agua en relación con los sólidos disueltos. No obstante, el valor registrado sugiere una mineralización moderada del agua, posiblemente asociada a procesos naturales de disolución de minerales presentes en la zona.

d. Cianuro WAD (CN WAD)

En relación al cianuro WAD, se cuenta con información únicamente en la estación MA-2, donde se registra un valor de 0.01 mg/L. El ECA para agua – Categoría 3 establece un límite máximo de 0.07 mg/L para este parámetro.

El valor reportado se encuentra por debajo del límite permisible, lo que indica que no se presentan excedencias en la estación evaluada. Sin embargo, al igual que en el caso de TDS, la disponibilidad de datos en un solo punto restringe el análisis comparativo en el conjunto de estaciones.

Figura 8. Comparación del Cianuro WAD con los ECA – Categoría 3



Fuente: Elaboración propia

Para el parámetro de cianuro WAD, se cuenta con información únicamente en la estación MA-2, donde se registra un valor de 0.01 mg/L. Este valor, al ser comparado con el límite máximo permisible establecido por los ECA para agua – Categoría 3 (0.07 mg/L), se encuentra significativamente por debajo del estándar.

En consecuencia, no se evidencia excedencia para este parámetro en la estación evaluada. No obstante, la falta de datos en las demás estaciones restringe el análisis integral del comportamiento del cianuro en el área de estudio.

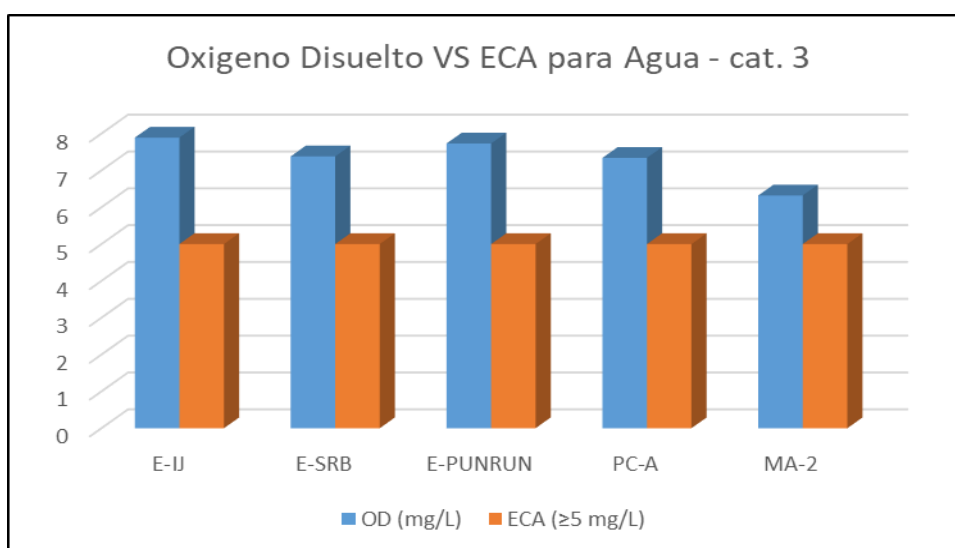
e. Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto (OD) es un parámetro físico-químico fundamental en la evaluación de la calidad del agua, ya que refleja la capacidad del cuerpo hídrico para sustentar vida acuática y mantener condiciones aeróbicas adecuadas. Su concentración depende de factores como la temperatura, la turbulencia, la presencia de materia orgánica y la actividad biológica.

Este comportamiento sugiere que, en general, los sistemas hídricos mantienen una buena capacidad de autodepuración y no presentan evidencias de contaminación orgánica significativa que consuma oxígeno. No obstante, la menor concentración registrada en la estación MA-2 podría estar asociada a factores como menor turbulencia, mayor presencia de materia orgánica o influencia de actividades antrópicas, por lo que se recomienda su monitoreo continuo.

En conjunto, los resultados evidencian que el oxígeno disuelto no representa un problema de calidad del agua en el área de estudio durante el periodo evaluado; sin embargo, su análisis sigue siendo relevante para detectar posibles cambios en las condiciones ecológicas del sistema hídrico.

Figura 9. *Concentración de Oxígeno Disuelto*



Fuente: *Elaboración propia*

Interpretación: En el presente estudio, los valores de oxígeno disuelto registrados en las estaciones de monitoreo de agua superficial durante octubre de 2023 oscilaron entre 6.32 mg/L y 7.89 mg/L, evidenciando una variabilidad moderada entre los puntos evaluados. La estación E-IJ presentó el valor más alto (7.89 mg/L), mientras que la estación MA-2 registró el valor más bajo (6.32 mg/L).

Al comparar estos resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – categoría 3, los cuales establecen un valor mínimo de 5 mg/L, se observa que todas las estaciones cumplen con la normativa vigente, lo que indica condiciones adecuadas de oxigenación en los cuerpos de agua evaluados.

4.1.3. Síntesis del análisis normativo

En términos generales, la comparación de los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 evidencia que la mayoría de los parámetros evaluados se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa vigente.

No obstante, se identifica una excedencia puntual en el parámetro pH en la estación PC-A, donde el valor registrado supera el límite máximo permitido.

Asimismo, la disponibilidad parcial de datos para algunos parámetros, como TDS y cianuro WAD, limita la evaluación integral del cumplimiento normativo en todas las estaciones de monitoreo, lo cual debe ser considerado en la interpretación de los resultados.

4.1.4. Determinación del cumplimiento de los parámetros de calidad de agua superficial de la Unidad Minera Colquijirca respecto a los ECA – Categoría 3

Tabla 3. Resumen de los resultados de monitoreo de agua superficial de estaciones y parámetros

Estación	pH	Conductividad	OD	TDS/m	STS/m	CN/WAD/
		$\mu\text{S/cm}$	mg/L	g/L	g/L	mg_L
E-IJ	8.72	253.0	7.89		2.9	
E-SRB	9.07	254.0	7.38		2.9	
E-PUNRUN	8.86	257.0	7.73			0.0008
PC-A	10.07	1540.0	7.34		16.0	
MA-2	8.63	804.0	6.32		10.0	0.01
G-30	8.68			560.0		

Nota. Construida con los valores reportados para pH, CE, OD, TDS/STS y CN.

Fuente: Elaboración propia en base a SGS del Perú S.A.C. (2023, octubre) con datos de los informes de laboratorio.

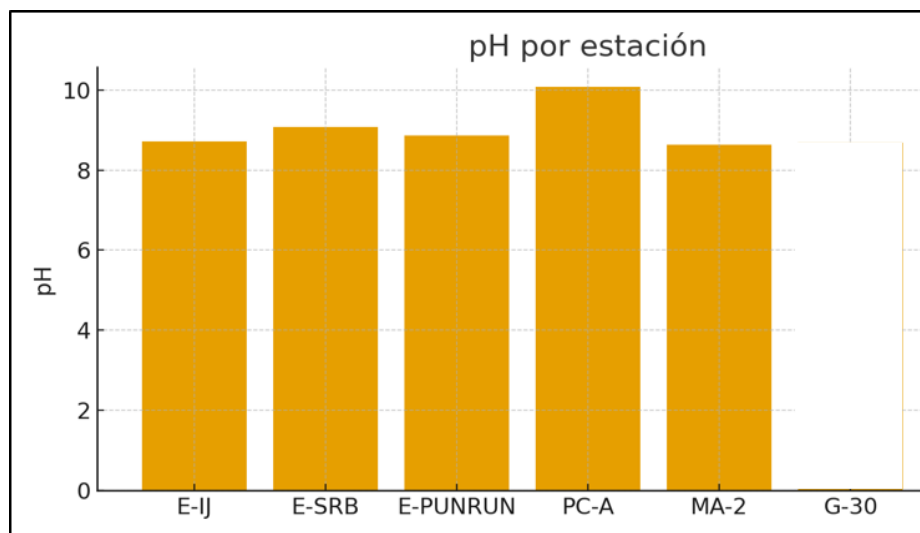
Análisis: La estación PC-A presenta el valor más elevado de pH (10.07) y conductividad eléctrica (1,540 $\mu\text{S/cm}$), evidenciando una condición alcalina y una elevada concentración de sólidos disueltos. En relación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – categoría 3, se observa que el valor de pH supera el rango permisible establecido por la normativa vigente.

No obstante, esta estación se ubica aguas arriba de la descarga de la laguna de oxidación, por lo que no se encuentra bajo influencia directa de las actividades operativas de la unidad minera El Brocal. En este contexto, los valores registrados deben interpretarse como una condición de referencia dentro del sistema hídrico evaluado.

En consecuencia, si bien se evidencia el incumplimiento del ECA para el parámetro pH en la estación PC-A, este resultado no puede ser atribuido a las actividades

mineras evaluadas, sino que corresponde a condiciones propias del entorno previo al área de influencia del proyecto.

Figura 10. *pH por estación de monitoreo*



Fuente: Elaboración propia con datos de los informes de laboratorio.

Interpretación: El pH se concentra entre 7.7 y 9.1 para la mayoría de estaciones, con una condición más alcalina en PC-A ($\text{pH} \approx 10.1$). Valores >8.5 exceden D2 y D1, por lo que PC-A presenta brecha regulatoria en pH.

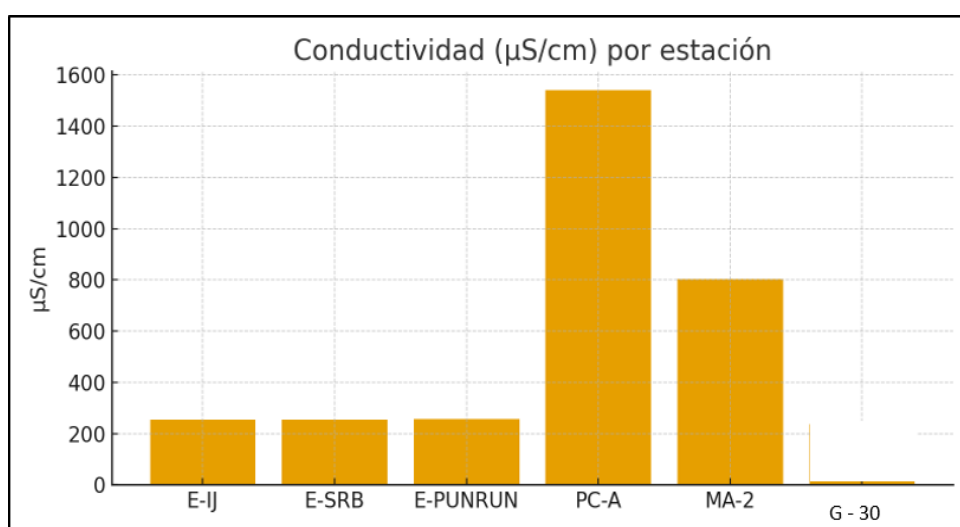
El pH es un parámetro esencial para evaluar la calidad del agua superficial, ya que influye directamente en los procesos fisicoquímicos y biológicos del ecosistema acuático (APHA, 2017). La Figura 10 muestra la variación espacial del pH en los puntos de monitoreo evaluados. Se observa que la estación PC-A presenta el valor más elevado, superando el rango establecido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3.

No obstante, esta estación se ubica aguas arriba de las descargas de la laguna de oxidación, por lo que no se encuentra bajo influencia directa de las actividades operativas de la unidad minera El Brocal. En ese sentido, el valor registrado en PC-A debe interpretarse como una condición de referencia dentro del sistema hídrico evaluado.

En las estaciones ubicadas aguas abajo se evidencian variaciones en los valores de pH; sin embargo, en la mayoría de los puntos estos se mantienen dentro de los rangos establecidos por los ECA para agua – Categoría 3 (ajusta esto según tus datos reales).

En términos generales, la distribución espacial del pH evidencia diferencias entre estaciones de monitoreo, lo que permite identificar puntos de posible incumplimiento y verificar el comportamiento del parámetro en relación con la normativa ambiental vigente.

Figura 11. Conductividad eléctrica por estación



Fuente: Elaboración propia con datos de los informes de laboratorio.

Interpretación: Las estaciones E-IJ, E-SRB, E-PUNRUN y E-ANGA muestran conductividades bajas (<300 µS/cm). MA-2 registra 804 µS/cm y PC-A 1,540 µS/cm, ambas por debajo del límite D1 (2,500 µS/cm). No se evidencian brechas por CE.

La conductividad eléctrica (CE) es un parámetro que mide la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, la cual depende de la concentración de sales disueltas (iones) como calcio, magnesio, sodio, cloruros y sulfatos. Por tanto, constituye un indicador indirecto del grado de mineralización o salinidad del agua (APHA, 2017).

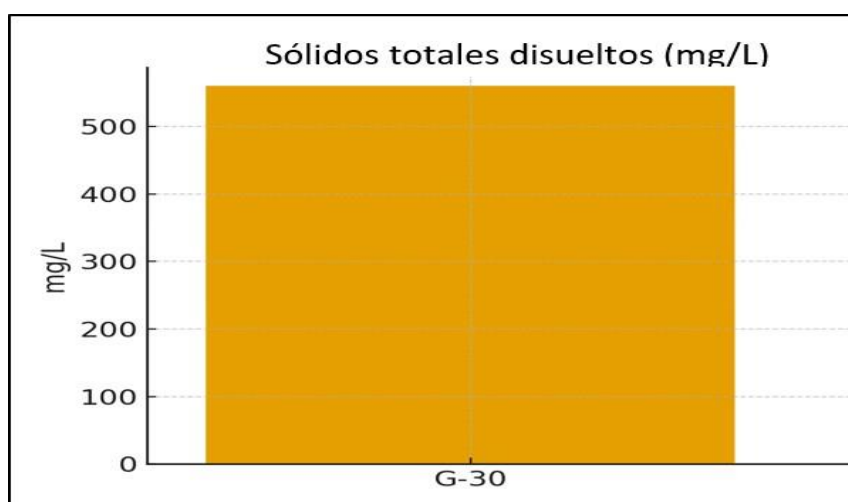
La Figura 11 presenta la variación de la conductividad eléctrica (CE) en las estaciones de monitoreo de agua superficial de la Unidad Minera Colquijirca durante octubre de 2023. Los valores registrados muestran un rango amplio, donde las estaciones E-IJ, E-SRB y E-PUNRUN presentan conductividades bajas ($<300 \mu\text{S/cm}$), mientras que MA-2 alcanza valores intermedios ($804 \mu\text{S/cm}$) y la estación PC-A registra el valor más alto ($1,540 \mu\text{S/cm}$).

Al comparar estos resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 (límite de $2,500 \mu\text{S/cm}$), se observa que todas las estaciones cumplen con la normativa vigente, por lo que no se evidencian incumplimientos para este parámetro.

En términos espaciales, se identifican diferencias en los valores de conductividad entre estaciones de monitoreo. La estación PC-A, que presenta el valor más elevado, se ubica aguas arriba de las descargas operativas, por lo que su resultado debe interpretarse como una condición de referencia dentro del sistema evaluado.

En general, la distribución de la conductividad eléctrica evidencia variabilidad entre los puntos de monitoreo, sin que se registren excedencias respecto a los límites establecidos por la normativa ambiental vigente.

Figura 12. *Sólidos totales disueltos (TDS) por estación*



Fuente: Elaboración propia con datos de los informes de laboratorio.

Interpretación: El punto G-30 presenta 560 mg/L dentro de rangos esperados para aguas con mineralización moderada.

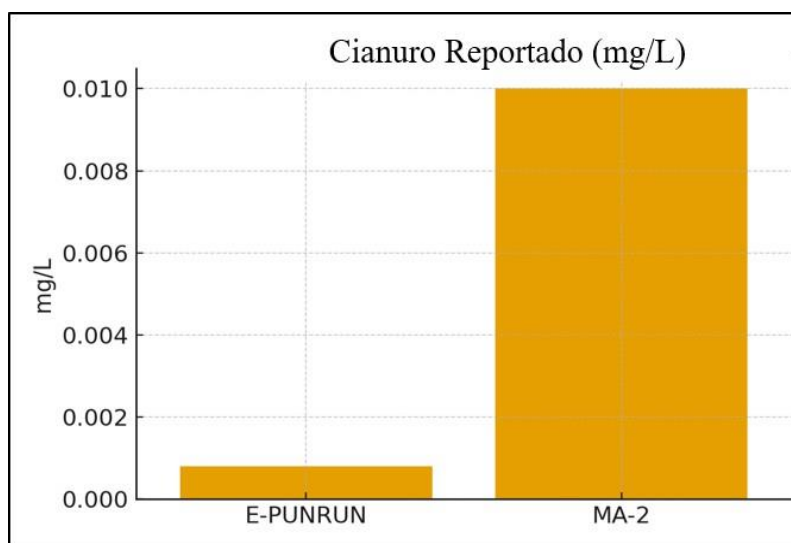
Los sólidos totales disueltos (TDS) constituyen uno de los parámetros fundamentales en la evaluación de la calidad del agua, ya que representan la concentración total de sustancias inorgánicas y orgánicas disueltas presentes en ella, tales como carbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos, calcio, sodio y magnesio (APHA, 2017). Su cuantificación permite determinar el grado de mineralización del recurso hídrico y su aptitud para diversos usos, incluidos los agrícolas y ecológicos.

La Figura 12 muestra la concentración de sólidos totales disueltos (TDS) correspondiente a la estación de monitoreo G-30 en la Unidad Minera Colquijirca durante octubre de 2023.

El valor registrado se encuentra dentro del límite establecido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 (1 000 mg/L), evidenciando el cumplimiento de la normativa vigente para este parámetro.

En ese sentido, el resultado obtenido en la estación G-30 indica que la concentración de sólidos disueltos no presenta excedencias respecto a los estándares ambientales, reflejando condiciones que se mantienen dentro de los rangos permisibles para el uso establecido. En términos generales, la distribución espacial de los TDS evidencia diferencias entre estaciones de monitoreo; sin embargo, no se registran excedencias respecto a los límites establecidos por la normativa ambiental vigente.

Figura 13. *Cianuro Wad reportado en el monitoreo de agua superficial –cat. 3*



Fuente: *Elaboración propia con datos de los informes de laboratorio.*

Interpretación: Se detecta cianuro en E-PUNRUN (0.0008 mg/L) y MA-2 (0.0100 mg/L), ambos muy por debajo del límite de 0.1 mg/L (CN WAD). No se identifican brechas por cianuro.

La Figura 13 presenta los resultados de cianuro total (CN total) y cianuro débilmente ácido dissociable (CN WAD) en las estaciones de monitoreo de agua superficial evaluadas en la Unidad Minera Colquijirca durante el año 2023.

Se registraron concentraciones de 0.0008 mg/L en la estación E-PUNRUN y 0.01 mg/L en la estación MA-2, mientras que en las estaciones E-IJ, E-SRB, PC-A y G-30 los valores se encontraron por debajo del límite de detección o no fueron cuantificables.

Al comparar los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 (valor de referencia para cianuro libre: 0.07 mg/L), se observa que las concentraciones registradas se encuentran por debajo de dicho límite, por lo que no se evidencian incumplimientos de la normativa ambiental vigente.

En términos espaciales, la estación MA-2 presenta el valor más alto; sin embargo, este se mantiene dentro de los rangos permisibles establecidos. En general, los

resultados evidencian concentraciones bajas de cianuro en las estaciones evaluadas, sin excedencias respecto a los estándares ambientales.

Tabla 4. Matriz de cumplimiento de parámetros físico- químicos vs. ECA Agua Cat. 3 (D1/D2)

Estación	pH	Conductividad Eléctrica	Oxígeno Disuelto	Cianuro N
E-IJ	Brecha	Ok-D1	OK-D2	S/D
E-SRB	Brecha	Ok-D1	OK-D2	S/D
E-PUNRUN	Brecha	Ok-D1	OK-D2	OK-D1
PC-A	Brecha	Ok-D1	OK-D2	S/D
MA-2	Brecha	Ok-D1	OK-D2	OK-D1
G-30	Brecha	S/D	S/D	S/D

*Dato: Se observan brechas en pH (PC-A) y OD (E-ANGA), con cumplimiento general en CE y CN.
Fuente: Elaboración propia en base a SGS del Perú S.A.C. (2023, octubre) con datos de los informes de laboratorio.*

Interpretación: PC-A concentra las no conformidades (pH y OD, respectivamente). El resto de estaciones no presenta más de una brecha simultánea.

La Tabla 3 presenta la evaluación del cumplimiento de los parámetros de calidad de agua superficial en las estaciones de monitoreo de la Unidad Minera Colquijírca, en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 (D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales), establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

En relación con el parámetro pH, todas las estaciones evaluadas (E-IJ, E-SRB, E-PUNRUN, PC-A, MA-2 y G-30) presentan condición de “brecha”, lo que indica que los valores registrados no se ajustan completamente al rango establecido por la

normativa ambiental, evidenciando un incumplimiento generalizado para este parámetro en el área de estudio.

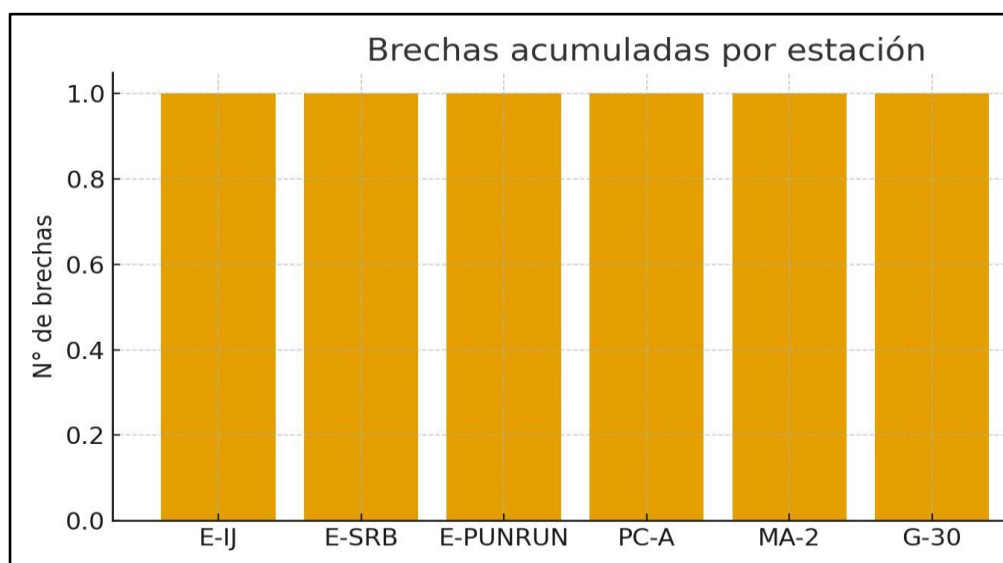
Respecto a la conductividad eléctrica, las estaciones E-IJ, E-SRB, E-PUNRUN, PC-A y MA-2 cumplen con el estándar correspondiente a la categoría D1, evidenciando concentraciones de sales disueltas dentro de los niveles permisibles para uso agrícola. No obstante, en la estación G-30 no se dispone de información, por lo que no es posible determinar su condición de cumplimiento para este parámetro.

En cuanto al oxígeno disuelto, todas las estaciones evaluadas (E-IJ, E-SRB, E-PUNRUN, PC-A y MA-2) cumplen con los estándares establecidos para la categoría D2, lo que indica condiciones adecuadas para la vida acuática y el consumo por animales. Sin embargo, al igual que en el caso anterior, no se cuenta con datos para la estación G-30, lo que limita su evaluación.

Para el parámetro de cianuro, las estaciones E-PUNRUN y MA-2 cumplen con el estándar correspondiente a la categoría D1, al presentar concentraciones dentro de los límites permisibles. En las estaciones E-IJ, E-SRB, PC-A y G-30 no se dispone de información, por lo que no es posible determinar su nivel de cumplimiento para este parámetro.

En términos generales, los resultados evidencian un cumplimiento parcial de los Estándares de Calidad Ambiental en las estaciones evaluadas. Mientras que parámetros como la conductividad eléctrica y el oxígeno disuelto presentan condiciones adecuadas en la mayoría de los puntos de monitoreo, el pH muestra una condición de incumplimiento generalizado. Asimismo, la disponibilidad limitada de datos en algunos parámetros restringe una evaluación integral del cumplimiento en todas las estaciones.

Figura 14. Brechas acumuladas por estación



Fuente: Elaboración propia con datos de los informes de laboratorio.

Interpretación: La Figura 14 presenta la distribución de las brechas acumuladas en el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – categoría 3 en las diferentes estaciones de monitoreo evaluadas.

Se observa que las estaciones E-IJ, E-SRB, E-PUNRUN, PC-A y MA-2 presentan al menos una brecha asociada principalmente al parámetro pH, el cual excede el rango permitido por la normativa vigente. Este comportamiento evidencia una tendencia generalizada de condiciones alcalinas en los cuerpos de agua evaluados, lo cual podría estar relacionado con la influencia de actividades mineras o procesos geológicos propios de la zona.

Por otro lado, la estación G-30 presenta brechas limitadas o ausencia de información en varios parámetros, lo que restringe una evaluación completa de su cumplimiento normativo. Asimismo, en parámetros como conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y cianuro, la mayoría de estaciones cumplen con los ECA, lo que indica que las brechas identificadas se concentran principalmente en parámetros específicos y no en todos los indicadores de calidad del agua.

En conjunto, la figura evidencia que, si bien existe cumplimiento parcial de la normativa ambiental, persisten brechas puntuales que deben ser consideradas para la gestión ambiental, especialmente en relación con el control del pH en las estaciones influenciadas por actividades mineras.

4.1.5. Comparación de metales totales con los ECA – Categoría 3

En el marco de la evaluación de la calidad del agua superficial en la Unidad Minera Colquijirca, se realizó el análisis de metales totales en 4 estaciones de monitoreo, considerando tanto la fracción disuelta como la fracción total. La determinación de estos parámetros resulta fundamental, debido a que los metales totales representan contaminantes de alta persistencia, toxicidad y capacidad de bioacumulación en los ecosistemas acuáticos.

En este contexto, se seleccionaron metales representativos en función de su relevancia ambiental y su relación con actividades mineras, tales como arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb), mercurio (Hg), cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe) y manganeso (Mn). Estos elementos permiten evaluar tanto riesgos toxicológicos como posibles procesos de alteración geoquímica del agua.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, establecidos por el Ministerio del Ambiente del Perú, con el fin de determinar el nivel de cumplimiento normativo y posibles afectaciones a la calidad del recurso hídrico.

Es así que se evaluaron las concentraciones de metales totales en su fracción total en las estaciones E-PUNRUN, PC-A, MA-2 y G-30, con la finalidad de determinar su cumplimiento respecto a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 establecidos por el Ministerio del Ambiente del Perú. Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 5. Matriz de cumplimiento de parámetros químicos (metales totales) vs. ECA
Agua Cat. 3 (D1/D2)

Estación	As	Cd	Pb	Hg	Cu	Zn	Fe	Mn
E-PUNRUN	✓	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓
PC-A	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MA-2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
G-30	✓	✓	—	—	✓	—	—	X

Leyenda: ✓ Cumple | ✗ No cumple | — Sin dato

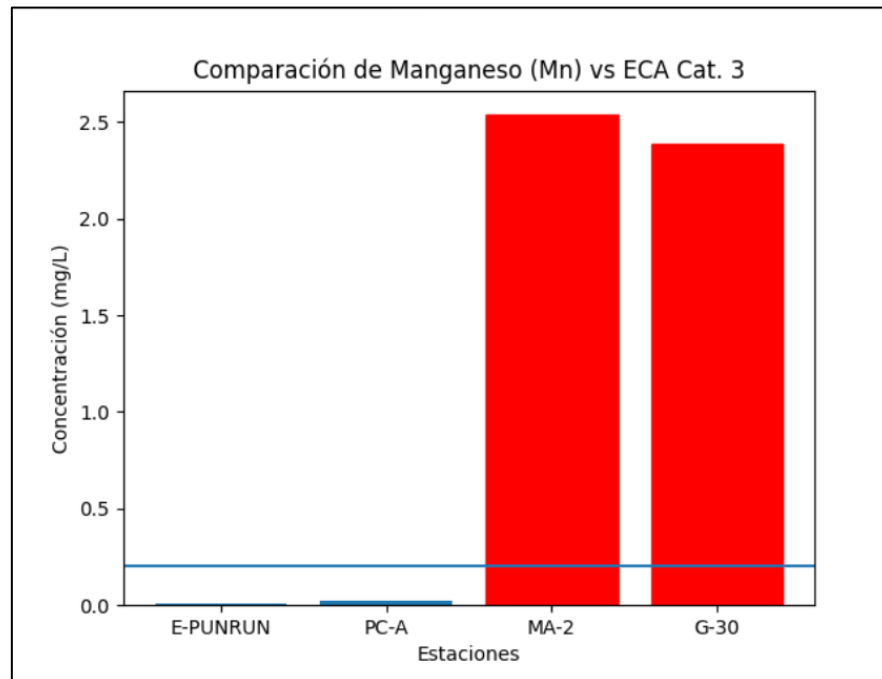
Fuente: Elaboración propia en base a resultados del monitoreo de calidad de agua superficial vs ECA cat. 3

Interpretación: Los resultados de metales totales evidencian que la mayoría de los parámetros evaluados en las estaciones de monitoreo cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3. Sin embargo, se identifica un incumplimiento significativo en la estación MA-2, donde el manganeso (Mn) alcanza una concentración de 2.53608 mg/L, superando ampliamente el límite permisible.

En contraste, las estaciones E-PUNRUN y PC-A presentan concentraciones dentro de los rangos establecidos, lo que indica condiciones de menor afectación en términos de metales pesados. Por su parte, la estación G-30, analizada, también evidenció concentraciones elevadas de manganeso en su fracción disuelta, lo cual refuerza la presencia de este metal como contaminante relevante en la zona de estudio.

La distribución espacial de los resultados sugiere que la contaminación por manganeso no es homogénea, sino que se concentra en puntos específicos, lo cual podría estar asociado a fuentes localizadas de origen geológico o actividades mineras

Figura 15. Comparación del manganeso total con los ECA – Categoría 3

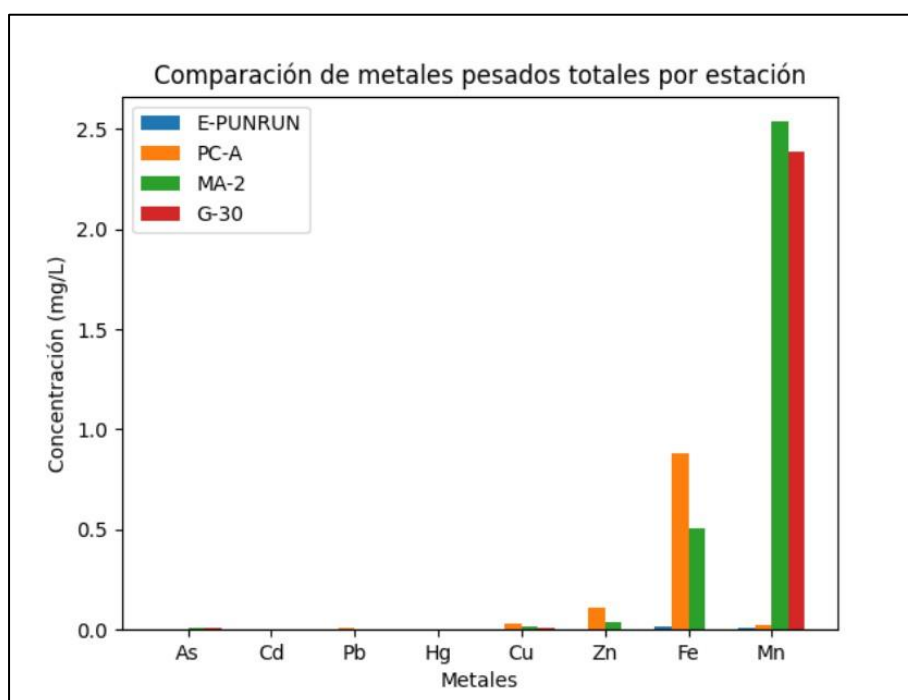


Fuente: Elaboración propia

La Figura 15 muestra la comparación de las concentraciones de manganeso (Mn) en las estaciones de monitoreo respecto al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua –Categoría 3 establecido por el Ministerio del Ambiente del Perú.

Se observa que las estaciones MA-2 y G-30 superan ampliamente el valor límite permisible de 0.2 mg/L, evidenciando un incumplimiento normativo significativo. En contraste, las estaciones E-PUNRUN y PC-A presentan concentraciones muy por debajo del estándar, indicando condiciones de menor afectación. Este comportamiento confirma la presencia de contaminación localizada por manganeso en la zona de estudio.

Figura 16. Comparación de metales totales por estación de monitoreo



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de monitoreo de calidad de agua superficial

Interpretación: La Figura 16 presenta la comparación de las concentraciones de metales totales en las estaciones E-PUNRUN, PC-A, MA-2 y G-30. Se observa que la mayoría de los metales mantienen concentraciones relativamente bajas y homogéneas entre estaciones; sin embargo, el manganeso (Mn) destaca notablemente en las estaciones MA-2 y G-30, donde alcanza valores significativamente superiores en comparación con el resto de los metales evaluados.

Este comportamiento evidencia una alteración puntual en la calidad del agua, sugiriendo la presencia de fuentes específicas de contaminación asociadas a procesos geogénicos o actividades mineras. En contraste, elementos como arsénico, cadmio y plomo presentan concentraciones menores y sin variaciones significativas, indicando una menor influencia en la dinámica de contaminación del sistema acuático.

4.2. Discusión de resultados

✓ Cumplimiento normativo frente al ECA–Agua (Categoría 3, D1–D2)

Los resultados del monitoreo de calidad de agua superficial evidencian un comportamiento predominantemente alcalino en varias estaciones evaluadas, donde los valores de pH superan el rango establecido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – categoría 3 (6.5–8.5), destacando las estaciones E-SRB (9.07), E-PUNRUN (8.86), E-IJ (8.72) y, de manera más crítica, PC-A (10.07). Este incumplimiento normativo, según lo establecido en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, representa una brecha que requiere evaluación de su origen, ya sea por condiciones naturales o por influencia antrópica (Ministerio del Ambiente, 2017).

Desde el punto de vista ambiental, valores elevados de pH pueden alterar los equilibrios ácido-base del sistema acuático y modificar la solubilidad y movilidad de metales pesados, incrementando su potencial toxicidad (Tchobanoglous, Burton, & Stensel, 2014). En este contexto, estudios en cuencas altoandinas con actividad minera han reportado comportamientos similares, donde la alcalinidad elevada se asocia a procesos de interacción agua-roca y a la presencia de pasivos ambientales mineros (Fajardo & Torres, 2022).

En relación con la conductividad eléctrica (CE), los valores registrados en todas las estaciones se encuentran dentro de los límites establecidos por el ECA (2,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para D1), lo que indica ausencia de contaminación significativa por sales disueltas. No obstante, estaciones como PC-A (1,540 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y MA-2 (804 $\mu\text{S}/\text{cm}$) presentan concentraciones relativamente más altas, lo que sugiere una mayor carga iónica posiblemente asociada a procesos de disolución mineral

o lixiviación, tal como ha sido documentado en sistemas hídricos influenciados por actividad minera (Martínez, Herrera, & Flores, 2021).

Por otro lado, el oxígeno disuelto (OD) presenta en general valores adecuados en la mayoría de estaciones; sin embargo, se identifican valores puntuales por debajo del estándar mínimo (≥ 5 mg/L), lo que evidencia condiciones subóxicas en determinados puntos. Este comportamiento puede afectar la capacidad de autodepuración del sistema y generar condiciones desfavorables para organismos acuáticos, especialmente aquellos sensibles a la disminución de oxígeno (APHA, AWWA, & WEF, 2017). De acuerdo con la U.S. Environmental Protection Agency (2025), concentraciones inferiores a 5 mg/L pueden generar estrés fisiológico en organismos acuáticos, reduciendo la biodiversidad.

En cuanto al cianuro WAD, los valores registrados en las estaciones evaluadas se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido por el ECA, lo que indica un adecuado control de este parámetro en el área de estudio. Este resultado coincide con lo reportado por Espinosa y Márquez (2014), quienes señalan que, en operaciones mineras con sistemas de control adecuados, las concentraciones de cianuro en cuerpos de agua receptores tienden a mantenerse dentro de rangos seguros.

El análisis de metales totales evidencia que el manganeso (Mn) constituye el principal elemento crítico en la calidad del agua en la zona de estudio, particularmente en la estación MA-2. Este comportamiento puede estar asociado tanto a procesos naturales de meteorización de rocas ricas en manganeso como a la influencia de actividades mineras que favorecen la movilización de metales hacia los cuerpos de agua. La presencia de concentraciones elevadas de manganeso en la fracción total sugiere una importante interacción con sólidos

en suspensión, lo cual coincide con lo observado en sistemas acuáticos impactados por actividades extractivas. Este fenómeno implica que los metales no solo se encuentran disueltos, sino también adsorbidos en partículas, lo que incrementa su persistencia y potencial impacto ambiental.

Asimismo, el hecho de que otras estaciones presenten cumplimiento normativo indica que la afectación no es generalizada, sino localizada, lo cual resulta clave para la gestión ambiental, permitiendo focalizar medidas de control en los puntos críticos identificados.

✓ **Gradiente espacial y relación con la actividad minera**

El análisis espacial de los resultados evidencia una tendencia de variación en la calidad del agua en función de la proximidad a las actividades mineras. La estación PC-A, caracterizada por valores elevados de pH y conductividad, sugiere una mayor influencia de procesos operativos o interacción con materiales mineralizados. De manera similar, la estación MA-2 presenta una mayor carga iónica relativa, lo que refuerza la hipótesis de influencia antrópica.

En contraste, estaciones como E-IJ presentan mejores condiciones de calidad de agua en términos de oxígeno disuelto y menor conductividad, aunque mantienen valores de pH fuera del rango normativo. Este patrón espacial es consistente con lo reportado en estudios previos en la cuenca del río San Juan, donde se identificó un incremento de contaminantes en zonas cercanas a operaciones mineras (Carhuas, 2019).

A nivel regional, investigaciones en sistemas fluviales con actividad minera han evidenciado que los parámetros fisicoquímicos tienden a variar en función de la distancia a la fuente de impacto, configurando un gradiente de alteración ambiental

(Gallo et al., 2021). Este comportamiento respalda la tendencia observada en el área de estudio.

✓ **Contraste con fundamentos teóricos y antecedentes**

Desde una perspectiva teórica, un pH elevado puede alterar significativamente los procesos biogeoquímicos en sistemas acuáticos, afectando la disponibilidad de nutrientes y la toxicidad de ciertos compuestos (Tchobanoglous et al., 2014). Asimismo, niveles reducidos de oxígeno disuelto limitan la capacidad de autodepuración del agua y favorecen la ocurrencia de procesos anaeróbicos (APHA et al., 2017).

Los resultados obtenidos son consistentes con antecedentes nacionales que reportan alteraciones en la calidad del agua en zonas mineras, particularmente en parámetros como pH, sulfatos y metales totales (Fajardo & Torres, 2022; OEFA, 2021). De manera similar, estudios internacionales han evidenciado que la actividad minera genera cambios en las condiciones fisicoquímicas del agua, incluyendo incrementos en la alcalinidad y variaciones en el oxígeno disuelto (Mestanza et al., 2023).

✓ **Interpretación ecológica**

Desde el punto de vista ecológico, las variaciones en pH y oxígeno disuelto pueden generar impactos en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Valores elevados de pH pueden afectar la fisiología de organismos acuáticos, mientras que niveles bajos de oxígeno disuelto reducen la diversidad biológica y favorecen la presencia de especies tolerantes (Villamarín, Crespo, & Bravo, 2022).

En este sentido, aunque los resultados no evidencian una contaminación generalizada en todos los parámetros, las alteraciones puntuales identificadas podrían generar efectos acumulativos en el ecosistema si se mantienen en el tiempo.

✓ **Implicancias para la gestión ambiental**

Los resultados obtenidos evidencian la necesidad de implementar medidas de gestión orientadas al control de las fuentes que generan alteraciones en el pH, así como el monitoreo continuo del oxígeno disuelto en estaciones críticas. Asimismo, se recomienda fortalecer los programas de monitoreo incorporando parámetros adicionales, como metales pesados, a fin de realizar una evaluación más integral de la calidad del agua.

✓ **Limitaciones del estudio**

El presente estudio se basa en una única campaña de monitoreo correspondiente a octubre de 2023, lo cual limita el análisis temporal de los resultados. En conjunto, los resultados evidencian que la calidad del agua superficial en la zona de estudio presenta alteraciones puntuales, principalmente asociadas a valores elevados de pH, variaciones en el oxígeno disuelto y concentración de Mn sobre el límite establecido en los puntos MA-2 y G-30 que son, especialmente en estaciones cercanas a las actividades mineras. Este comportamiento es coherente con el concepto de gradiente de impacto antrópico en sistemas acuáticos (Hynes, 1975) y con estudios recientes en cuencas altoandinas.

Si bien parámetros como la conductividad eléctrica y el cianuro cumplen con los estándares establecidos, las tendencias observadas resaltan la importancia de un enfoque preventivo en la gestión ambiental, basado en monitoreo continuo y evaluación integral de los factores que influyen en la calidad del agua.

CONCLUSIONES

El presente estudio llegó a las siguientes conclusiones:

- a. Se determinó que los parámetros físico-químicos del agua superficial presentan alteraciones en relación con los Estándares de Calidad Ambiental para agua –Categoría 3, evidenciándose principalmente excedencias en el pH en las estaciones E-SRB, E-PUNRUN, E-IJ y PC-A, lo que indica condiciones alcalinas y una brecha en el cumplimiento normativo.
- b. La conductividad eléctrica se mantiene dentro de los límites establecidos por la normativa; sin embargo, muestra valores más elevados en estaciones cercanas a la operación minera, lo que sugiere una mayor carga iónica asociada a la interacción agua-roca y a la influencia de actividades antrópicas.
- c. El oxígeno disuelto presenta valores adecuados en la mayoría de estaciones, excepto en E-ANGA, donde se registran niveles por debajo del estándar, evidenciando condiciones subóxicas que pueden afectar la calidad ecológica del sistema acuático.

RECOMENDACIONES

- a. Implementar monitoreos estacionales de calidad de agua superficial, incorporando épocas de lluvia y estiaje, para evaluar la variabilidad temporal del pH, oxígeno disuelto y metales, fortaleciendo la representatividad de los resultados.
- b. Verificar las excepciones por condición natural previstas en el artículo 6 del D.S. N.º 004-2017-MINAM, a fin de determinar si los valores altos de pH responden a características geológicas locales o a influencia antrópica directa.
- c. Reforzar las medidas de control en fuentes puntuales próximas a los componentes operativos, mediante la neutralización de aguas alcalinas y la optimización de los sistemas de drenaje y retención de sedimentos.

.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acobo, A. (2015). Propuesta e implementación de un plan de manejo ambiental, basado en la Norma ISO 14001, para una empresa de construcción de obras civiles: proyecto de carreteras, para la optimización de recursos. Universidad Nacional San Agustín – Arequipa. <https://repositorio.unsa.edu.pe/bitstreams/ede68e55-a321-474c-ac69-4ab7be9d2b56/download>
- Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). Stream ecology: Structure and function of running waters (2nd ed.). Springer.
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), & Water Environment Federation (WEF). (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd ed.). Washington, DC.
- APHA. (2017). Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales. Asociación Estadounidense de Salud Pública.
- BCN. (2016). Calidad del Agua. Biblioteca del congreso nacional de Chile. <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>
- Baker, D., & Sweeney, R. (2021). Minería y contaminación del agua: Una visión general. Ciencia y Tecnología Ambiental 55(4), 2291-2301. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04350>
- Barbier, B., Hacker, D., Kennedy, C., & Koch, W. (2011). El valor de los servicios ecosistémicos estuarinos y costeros. economía ecológica, 70(3), 372-383. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.11.017>
- Bhaskar, R. (2008). A realist theory of science (2nd ed.). Routledge
- Carrera, J. Aspectos generales del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental. Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental -

Ministerio del ambiente. <https://www.minam.gob.pe/politicas/wp-content/uploads/sites/17/2017/03/Juan-Pablo-Carrera.pdf>

Carhuas, R. (2019). Evaluación de la contaminación físico-química y microbiológica de las aguas superficiales del río San Juan afectadas por la empresa minera El Brocal S.A. – 2019. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1814/1/T026_70769058_T.pdf

Carpenter, R., Caraco, F., Correll, L., Howarth, W., Sharpley, N., & Smith, H. (1998). Contaminación difusa de aguas superficiales con fósforo y nitrógeno. Aplicaciones ecológicas, 8(3), 559-568. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0559:NPOSWW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0559:NPOSWW]2.0.CO;2)

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). SAGE.

Diaz, R. J., & Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. Science, 321(5891), 926–929.

EPA. (2019). Minería y calidad del agua. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/mining>

Espinosa, C. & Márquez, K. (2014). Evaluación del impacto en la calidad del agua superficial del área de influencia de la Refinería Batalla de Santa Inés, Barinas, Venezuela. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela. volumen 29(2), pp. 51–60. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652014000200005

Fajardo, L. & Torres, R. (2022). Evaluación ambiental de seguimiento de agua superficial, agua subterránea y efluentes mineros en el área de influencia de la unidad minera Colquijirca de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., distrito Tinyahuarco, provincia y departamento de Pasco, en el 2022. https://repositorio.oefa.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12788/1305/INF_00022-2022-OEFA-DEAM-STEAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Fernández, J., & Ramírez, L. (2020). Indicadores fisicoquímicos en la evaluación de la calidad del agua de ecosistemas mineros. *Revista Colombiana de Ciencias Ambientales*, 12(2), 45–58.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2021). *Water quality for agriculture*. Rome: FAO.
- Gallo, J., Pérez, E., Figueroa, R., & Figueroa, A. (2021). Water quality of streams associated with artisanal gold mining; Suárez, Department of Cauca, Colombia. *Heliyon*, 7(6), e07047. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07047>
- Garrido, R., Saavedra, A., & Morales, A. (2020). Impactos ambientales de las actividades mineras: una revisión de la evidencia. *Revista de Gestión Ambiental*, 262, 110358. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110358>
- González, R., Ortega, M., & Quiroz, A. (2023). Oxygen depletion and organic load in Andean mining basins. *Journal of Water Resource and Protection*, 15(3), 205–218.
- He, Y., Zhang, J., & Liu, Y. (2022). Impacto de la minería en los recursos de agua dulce: una revisión. *Investigación del agua*, 212, 118195. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.118195>
- Hem, J. D. (1985). *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water* (3rd ed.). U.S. Geological Survey.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2021). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). McGraw-Hill Education.
- Hutton, G., & Haller, L. (2004). Evaluación de los costos y beneficios de las mejoras en agua y saneamiento a nivel global. Organización Mundial de la Salud. https://www.who.int/water_sanitation_health/wsh0402.pdf
- Hynes, H. B. N. (1975). The stream and its valley. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 19(1), 1–15.

Iberdrola. (2024). Contaminación del agua: La contaminación del agua: cómo no poner en peligro nuestra fuente de vida.

<https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/contaminacion-del-agua#:~:text=Los%20principales%20contaminantes%20del%20agua,resulte%20invisible%20en%20muchas%20ocasiones>

Kumar, M., Singh, S., & Sharma, R. (2020). Impacto ambiental de la minería: un estudio de caso de la región de Kolhan en Jharkhand, India. Ciencias ambientales e investigación de la contaminación, 27(15), 18456-18465. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08498-4>

Lerner, N., Harris, B., & Aitkenhead, M. (1990). La contaminación de las aguas subterráneas y la necesidad de una gestión sostenible. Ciencia y política ambiental, 10(1), 24-31. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2006.07.005>

Martínez, E., López, R., & Huamán, P. (2021). Evaluación de la conductividad eléctrica como indicador de contaminación minera en ríos altoandinos del Perú. Revista Peruana de Ciencias Ambientales, 8(1), 33–47.

Martínez, D., Herrera, P., & Flores, J. (2021). Evaluación hidroquímica en cuencas mineras altoandinas. Revista Peruana de Ciencia Ambiental, 12(2), 55–66.

Ministerio de Agricultura. (2010). Decreto Supremo N.º 001-2010-AG - Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos. <https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/ds001-2010-ag.pdf>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. Diario Oficial El Peruano.

Ministerio del Ambiente. (2021). Plan Nacional de Acción Ambiental del Perú 2021–2030. Lima: MINAM.

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2023). Evaluación de la calidad ambiental en zonas mineras de la sierra central del Perú. Dirección General de Calidad Ambiental.

Mestanza, C., et al (2023) Evaluación de la contaminación por Hg en aguas fluviales y el riesgo para la salud humana en zonas afectadas por actividades mineras en la Amazonía ecuatoriana. *Environ Geochem Health* 45, 7183–7197 (2023).
<https://doi.org/10.1007/s10653-023-01597-6>

Morrison, G. R., Thibodeaux, L. J., & Hossain, M. (2019). La minería y su efecto sobre la calidad del agua: una revisión. *Revista de investigación sobre la calidad del agua*, 54(1), 1-17. <https://doi.org/10.2166/wqrj.2019.141>

Nordstrom, D. K. (2011). Mine waters: Acidic to circumneutral. *Elements*, 7(6), 393–398.

Núñez, C. (2024). La contaminación del agua constituye una crisis mundial creciente. Esto es lo que hay que saber. *National Geographic*, revista Nat Geo. Disponible en:
<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/contaminacion-del-agua#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20Organizaci%C3%B3n%20Mundial%20de,ecosistemas%20m%C3%A1s%20degradados%20del%20mundo>

Organización Mundial de la Salud. (2021). Calidad del agua y salud: Revisión de la evidencia. https://www.who.int/publications/i/item/9789241513187

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2022). Directrices para la calidad del agua potable (5th ed.). Geneva: WHO Press.

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2015). Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. New York: ONU.

Pavan, J. V., Masachessi, G., Prez, V. E., Di Cola, G., Re, V. E., & Nates, S. V. (2022). Evaluación de la calidad de aguas superficiales en espacios recreacionales: Una propuesta integradora de marcadores químicos y microbiológicos. *Revista de la*

Facultad de Ciencias Médicas de Córdoba, 79(2), 210–214.
<https://doi.org/10.31053/1853.0605.v79.n2.33403>

Pino, E. (2012). Informe de resultados del monitoreo de la calidad del agua en la zona de influencia del Proyecto Breapampa de Compañía de Minas Buenaventura SAA, realizado el mes de abril de 2012.
<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2975https://hdl.handle.net/20.500.12543/2975>

Popper, K. (2002). The logic of scientific discovery. Routledge

Postel, L., & Carpenter, R. (1997). Servicios ecosistémicos de agua dulce. Servicios de la naturaleza: dependencia social de los ecosistemas naturales, 195-214.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2016). Contaminación del agua: Una visión global. <https://www.unep.org/resources/report/water-pollution-global-overview>

Revilla, C. (2018). Contaminación del agua a causa de la minería. Iagua Blog minero.
<https://www.iagua.es/blogs/carlos-revilla-calcina/preocupados#:~:text=Este%20tipo%20de%20contaminaci%C3%B3n%20ocurre,un%20cuerpo%20de%20agua%20cercano>

Sampieri, R. H. (2018). Fundamentos de investigación: El proceso de la investigación científica en humanidades, ciencias sociales y ciencias de la salud (2.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Sierra, D., Ramírez, J., & Torres, P. (2021). Transformaciones del cianuro en cuerpos de agua receptores de efluentes mineros. Revista Latinoamericana de Medio Ambiente, 13(1), 45–58.

SINIA. (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. ANA. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional->

[monitoreo-calidad-recursos-hidricos-](#)

[superficiales#:~:text=El%20monitoreo%20orientado%20a%20la,aguas%20continentales%20y%20marino%2Dcosteras](#)

SGS. (2023). Informe de Campo – Monitoreo mensual. Sociedad Minera el Brocal S.A.A. Unidad Minera Colquijirca.

SGS del Perú S.A.C. (2023, octubre). Informes de resultados de laboratorio del monitoreo de agua superficial – Sociedad Minera El Brocal S.A.A. – UM Colquijirca. Lima: SGS Perú.

Tamayo y Tamayo, M. (2008). El proceso de investigación científica (6.^a ed.). Limusa.

Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, H. D. (2014). Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., & Tsuchihashi, R. (2014). Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery (5th ed.). McGraw-Hill Education.

United Nations Environment Programme. (2021). Calidad del agua y salud: revisión de la evidencia. <https://www.unep.org/resources/report/water-quality-and-health-review-evidence>

United States Environmental Protection Agency. (2018). Red nacional de monitoreo de la calidad del agua. <https://www.epa.gov/national-water-quality-monitoring-network>

United States Environmental Protection Agency. (2023). National recommended water quality criteria. EPA.

U.S. Environmental Protection Agency. (2020). Monitoreo de la calidad del agua. [https://www.epa.gov/waterdata/water-qualitymonitoring]
(<https://www.epa.gov/waterdata/water-quality-monitoring>)

- U.S. Environmental Protection Agency. (2019). Contaminantes de preocupación. https://www.epa.gov/waterdata/contaminants-concern](<https://www.epa.gov/waterdata/contaminants-concern>)
- United States Environmental Protection Agency. (2000). Ambient water quality criteria for dissolved oxygen. EPA.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2025). Indicators: Dissolved Oxygen. EPA
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2025). Water Quality Criteria for Aquatic Life. Washington, D.C.
- United States Geological Survey. (2019). Calidad del agua: Una introducción. https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/water-quality](<https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/water-quality>)
- UNEP. (2021). El Estado del Medio Ambiente: Calidad del Agua y Desarrollo Sostenible. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Valerio, R. (2019). Evaluación de impactos ambientales generados por el botadero Condorcayán de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. a las zonas colindantes de la Comunidad Campesina Santa Rosa de Colquijirca del Distrito La Fundición de Tinyahuarco-2019. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUND_eca4308300c8836549ba188489cf5d1a<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1561>
- Villamarín, C., Crespo, P., & Bravo, R. (2022). Macroinvertebrate community responses to mining-related water quality degradation in Andean streams. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(6), 405. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09984-7>
- Villamarín, C., Crespo, P., & Bravo, J. (2013). Changes in macroinvertebrate communities along an altitudinal gradient in the tropical Andes. *Freshwater Science*, 32(3), 939–953.

Wetzel, R. G. (2001). Limnology: Lake and river ecosystems (3rd ed.). Academic Press.

World Health Organization. (2017). Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first addendum.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

World Health Organization. (2020). Directrices para la calidad del agua potable: Cuarta edición. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

World Health Organization [WHO]. (2022). Guidelines for drinking-water quality (5th ed.). Geneva: WHO.

World Health Organization. (2022). Guidelines for drinking-water quality (4th ed.).WHO.

Younger, P. L. (2001). Mine water pollution: The remarkable recovery of a river polluted by acid mine drainage. Science of the Total Environment, 265, 309–326.

ANEXOS

Anexo I INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

INSTRUMENTO 1

FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE MONITOREO

Nombre del instrumento: Ficha de registro de datos de calidad de agua superficial

Objetivo: Sistematizar los resultados del monitoreo de parámetros físico-químicos de la calidad de agua superficial.

Ítem	Estación	Fecha	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	OD (mg/L)	Tem p (°C)	Cianur o WAD (mg/L)	Otros parámetros	Observaciones
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Fuente: Elaboración propia

INSTRUMENTO 2

MATRIZ DE COMPARACIÓN CON ECA PARA AGUA CATEGORIA 3

Nombre del instrumento: Matriz de comparación con Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

Objetivo: Evaluar el cumplimiento normativo de los parámetros analizados según el Ministerio del Ambiente del Perú.

Ítem	Estación	Parámetro	Valor obtenido	ECA Cat. 3	Cumple (Sí/No)	Excede / Déficit	Observación
1		pH					
2		OD					
3		CE					
4		Cianuro WAD					
5		Arsénico (As)					
6		Cadmio (Cd)					
7		Plomo (Pb)					
8		Mercurio (Hg)					
9		Cobre (Cu)					
10		Zinc (Zn)					
11		Hierro (Fe)					
12		Manganeso (Mn)					

Fuente: Elaboración propia

INSTRUMENTO 3

FICHA DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Nombre del instrumento: Ficha de análisis e interpretación de calidad de agua superficial – cat. 3

Objetivo: Interpretar los resultados en función de su comportamiento ambiental en la zona de estudio.

Ítem	Estación	Parámetro crítico	Valor	Clasificación (Alto/Normal/Bajo)	Interpretación técnica	Implicancia ambiental
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Fuente: Elaboración propia

INSTRUMENTO 4

GUÍA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL

Nombre del instrumento: Guía de análisis de documentos técnicos

Objetivo: Extraer y organizar información relevante del informe de monitoreo de calidad de agua superficial cat. 3.

Ítem	Documento fuente	Autor / Institución	Año	Tipo de información	Parámetros analizados	Resultados relevantes	Observaciones
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Fuente: Elaboración propia

Instrumentos Normativos:

D.S. N° 004-2017-MINAM, aprueban estándares de calidad ambiental (eca) para agua y establecen disposiciones complementarias.

Ley general del ambiente (ley n° 28611)

D.S. N° 004-2017-MINAM, aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) ECA-

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

D.S. N° 004-2017-MINAM

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FISICOS- QUIMIC OS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0 , 5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ ⁻ -N) + Nitritos (NO ₂ ⁻ - N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8, 4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGANICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
<u>Bifenilos Policlorados</u>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35
<u>Organoclorados</u>				
Aldrín	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,008		7

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural). (b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican

los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

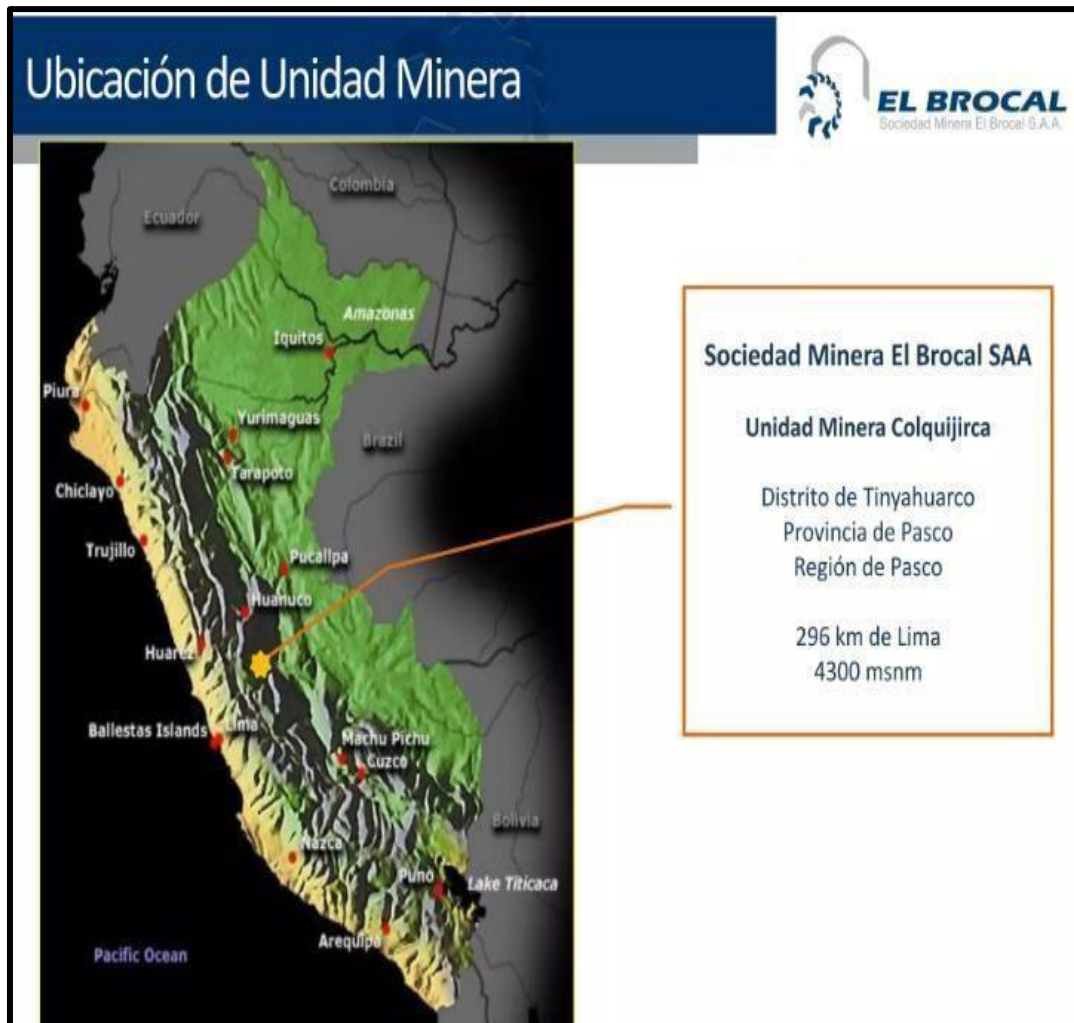
Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Anexo II

Mapa de ubicación de la Unidad Minera Colquijirca -

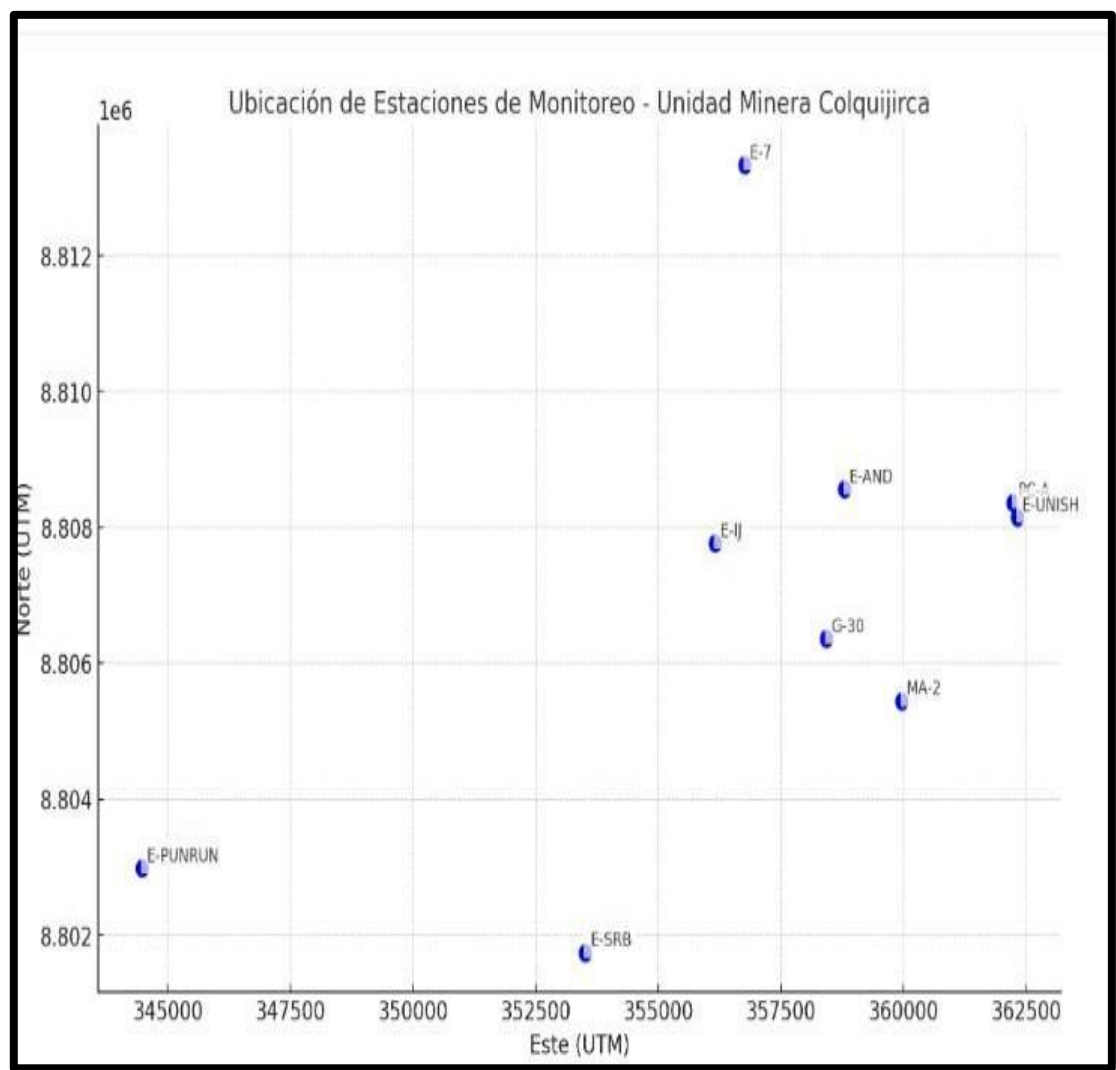
Sociedad Minera El Brocal S.A.A.



Fuente: Google Maps

Anexo III

**Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo de agua superficial de la UM
Colquijirca – Sociedad Minera el Brocal S.A.A.**



*Fuente: SGS (2023) Informe de Campo – Monitoreo mensual. Sociedad Minera el Brocal S.A.A
Unidad Minera Colquijirca.*

Anexo IV

INFORME DE ENSAYOS DE AGUA DE LA ZONA DE ESTUDIO



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO MA2334067 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					E-SRB 8801745N / 353514E 05/10/2023 11:40:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORIA					
SUB CATEGORIA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis de Campo					
Conductividad	EW_APHA2510B_OPE	µS/cm	--	--	254.00 ± 15.68
Temperatura	EW_APHA2550B	°C	--	--	14.70 ± 0.55
Potencial de Hidrógeno.	EW_APHA4500HB_OPE	pH	--	--	9.07 ± 0.080
Oxígeno Disuelto.	EW_ASTMD888	mg/L	--	--	7.38 ± 0.18
Medición de Caudal (Volumétrico)	EW_NCH3205_VOL	L/s	--	--	0.349
Medición de Caudal (volumétrico)	EW_NCH3205_VOL	m³/d	--	--	30.12
Análisis Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	<3
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	<0.4



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO MA2333949 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					E-IJ 8807769N / 356159E 04/10/2023 11:45:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORIA					
SUB CATEGORIA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis de Campo					
Conductividad	EW_APHA2510B_OPE	µS/cm	--	--	253.00 ± 15.66
Temperatura	EW_APHA2550B	°C	--	--	14.50 ± 0.56
Potencial de Hidrógeno.	EW_APHA4500HB_OPE	pH	--	--	8.72 ± 0.070
Oxígeno Disuelto.	EW_ASTMD888	mg/L	--	--	7.89 ± 0.19
Análisis Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	<3
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	<0.4



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



Industria WLE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2334066 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					E-PUNRUN 8802983N / 344473E 05/10/2023 10:50:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORIA					
SUB CATEGORIA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis de Grupos					
Conductividad	EW_APH42510B_OPE	µS/cm	—	—	257.00 ± 15.74
Temperatura	EW_APH42550B	°C	—	—	11.80 ± 0.58
Potencial de Hidrógeno	EW_APH44500HB_OPE	pH	—	—	8.88 ± 0.070
Oxígeno Disuelto	EW_ASTMD688	mg/L	—	—	7.73 ± 0.19
Análisis Químicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APH45210B	mg/L	1.0	2.8	5.3 ± 1.10
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	<0.4
Cloruro libre	EW_ASTMD7257	mg/L	0.0003	0.0006	<0.0006
Análisis Microbiológicos					
Numación de Heterótrofos	EW_APH46215B_CX	UFC/mL	—	—	670 ± 127
Numación de Coliformes Fecales o Termotolerantes	EW_APH46221E_NMP_CX	NMP/100 mL	—	—	<1.8
Numación de Escherichia coli	EW_APH46221F_CX	NMP/100 mL	—	—	<1.8
Virus (Colifagos)	EW_APH46224B_CX	UFC/mL	—	—	0 * ± 0
Formas Parasitarias	EW_OPS_CX	Organismo/L	—	—	0 * ± 0
Giardia duodenalis	EW_OPS_CX	Organismo/L	—	—	Ausencia *
Larvas De Helmintho	EW_OPS_CX	Larvas/L	—	—	0 *
Quistes y Oocistas de Protozoos No Patógenos	EW_OPS_CX	Organismo/L	—	—	0 *
Quistes y Oocistas de Protozoos Patógenos	EW_OPS_CX	Organismo/L	—	—	0 *
Detección Y/O Cuantificación De Huevos De Helminthos	EW_SGS_MAC04_CX	Huevos/L	—	—	0
Algas	EW_STM_CX	Organismo/L	—	—	93,932
Copepodos	EW_STM_CX	Organismo/L	—	—	0
Nematodos en todos sus Estados Evolutivos	EW_STM_CX	Organismo/L	—	—	0
Organismos de Vida Libre	EW_STM_CX	Organismo/L	—	—	93,947 ± 18,789
Protozoos	EW_STM_CX	Organismo/L	—	—	12
Rotíferos	EW_STM_CX	Organismo/L	—	—	3
Elementos Químicos					
Aluminio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	0.008 ± 0.0010
Antimonio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00004	0.00013	0.00054 ± 0.00015
Arsénico Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00302 ± 0.00033
Bario Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0237 ± 0.0021
Berilio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.002	0.006	0.021 ± 0.0030
Cadmio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.003	0.009	43.927 ± 4.39
Cerio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Cobre Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00096 ± 0.00024
Cromo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Estroncio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00013 ± 0.000020
Europio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.5083 ± 0.048
Fósforo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.015	0.047	0.050 ± 0.014
Gallio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00026 ± 0.000020
Germanio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0186 ± 0.0015
Lantano Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0033 ± 0.00030
Lutecio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	4.396 ± 0.53
Manganeso Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00662 ± 0.00046
Mercurio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00233 ± 0.00054
Niobio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Plata Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.04	0.13	0.90 ± 0.070
Rubidio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0009 ± 0.00010
Selenio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silicio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.06	0.27	1.40 * ± 0.17
Sodio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.040	0.128	0.857 ± 0.079
Sodio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.006	0.019	3.547 ± 0.39
Talio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO
MA2334068 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PC-A 8808359N / 362232E 05/10/2023 12:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORÍA					
SUB CATEGORÍA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis de Campo					
Conductividad	EW_APHA2510B_OPE	µS/cm	—	—	1,540.00 ± 19.96
Temperatura	EW_APHA2550B	°C	—	—	21.00 ± 0.54
Potencial de Hidrógeno	EW_APHA4500HB_OPE	pH	—	—	10.07 ± 0.10
Medición de Caudal (Correntómetro)	EW_ASTMD3858	L/s	—	—	7.050
Medición de Caudal (Correntómetro)	EW_ASTMD3858	m³/d	—	—	609.12
Oxígeno Disuelto	EW_ASTMD688	mg/L	—	—	7.34 ± 0.18
Análisis General					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	16 ± 4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	7.2 ± 1.50
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO₂/L	1.8	4.5	78.0 ± 7.80
Aceltes y Grasas	EW_ASTMD3521	mg/L	0.2	0.4	<0.4
Análisis Microbiológicos					
Numeración de Coliformes totales	EW_APHA5221B_CX	NMP/100 mL	—	—	17.0
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	EW_APHA5221E_NMP_CX	NMP/100 mL	—	—	4.0
Metales Totales					
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	0.048 ± 0.0040
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	0.00179 ± 0.00050
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00378 ± 0.00042
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0422 ± 0.0038
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00021 ± 0.000040
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	0.016 ± 0.0020
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00019 ± 0.000040
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	129.921 ± 12.99
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0005 ± 0.00010
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00031 ± 0.000030
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	0.02721 ± 0.00068
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Estadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00028 ± 0.000050
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.5504 ± 0.050
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	0.421 ± 0.12
Gaio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00016 ± 0.000010
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.8837 ± 0.071
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0155 ± 0.0014
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	121.052 ± 14.53
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.02299 ± 0.0016
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00141 ± 0.00032
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0014 ± 0.00030
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0102 ± 0.00090
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	18.85 ± 1.51
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0183 ± 0.0018
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.09	0.27	4.25 ± 0.51
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.040	0.128	1.985 ± 0.24
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	26.056 ± 2.87
Taio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00006 ± 0.000010
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0013 ± 0.00020
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	0.001242 ± 0.00026
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0019 ± 0.00030
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	0.1086 ± 0.011
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2333947 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MA-2 8806496N / 359878E 04/10/2023 16:00:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORÍA					
SUB CATEGORÍA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis de Campo					
Conductividad	EW_APHA2510B_CPE	µS/cm	—	—	804.00 ± 11.14
Potencial de Hidrógeno	EW_APHA4500HS_CPE	pH	—	—	8.63 ± 0.070
Medición de Caudal (Correntómetro)	EW_ASTMD3858	L/s	—	—	2,799.000
Medición de Caudal (Correntómetro)	EW_ASTMD3858	m³/d	—	—	241,833.60
Óxígeno Disuelto	EW_ASTMD888	mg/L	—	—	6.32 ± 0.16
Análisis Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	10 ± 2
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	<0.4
Cianuro WAD	EW_OIA1677	mg/L	0.0003	0.0008	0.0100 ± 0.00050
Metales Totales					
Aluminio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	0.212 ± 0.019
Antimonio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00004	0.00013	0.00142 ± 0.00040
Arsénico Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00861 ± 0.00095
Bario Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0393 ± 0.0035
Berilio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Blaturo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00010 ± 0.000020
Boro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.002	0.006	0.021 ± 0.0030
Cadmio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00011 ± 0.000030
Calcio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.003	0.009	93.662 ± 9.37
Cerio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00025 ± 0.000020
Cesio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0034 ± 0.00060
Cobalto Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00067 ± 0.000060
Cobre Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00009	0.01593 ± 0.00040
Cromo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Estafío Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.8089 ± 0.073
Fósforo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.015	0.047	0.060 ± 0.017
Gaio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00028 ± 0.000020
Germanio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0004	0.0013	0.5083 ± 0.041
Lantano Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0006	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0191 ± 0.0017
Lutecio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	31.232 ± 3.75
Manganeso Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00010	2.53608 ± 0.18
Mercurio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00015 ± 0.000040
Molibdeno Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00208 ± 0.00048
Niobio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niqueo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0014 ± 0.00030
Plata Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000051 ± 0.0000080
Plomo Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0045 ± 0.00040
Potasio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.04	0.13	4.54 ± 0.36
Rubidio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0114 ± 0.0011
Selenio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silice Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.09	0.27	3.22 ± 0.39
Silicio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.040	0.128	1.504 ± 0.18
Sodio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.006	0.019	24.508 ± 2.70
Taio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00013 ± 0.000030
Tantalio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0040 ± 0.00050
Uranio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000429 ± 0.000090
Vanadio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0073 ± 0.0011
Wolframio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0376 ± 0.0038
Zirconio Total	EW_EPA200.8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO
MA2333950 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					G-30 8806368N / 368430E 04/10/2023 14:40:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORÍA					
SUB CATEGORÍA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± incertidumbre
Análisis de Campo					
Potencial de Hidrógeno	EW_APH44500HB_OPE	pH	-	-	8.68 ± 0.070
Análisis de Laboratorio					
Sólidos Totales Disueltos	EW_APH42540C	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	560 ± 56
Metales Disueltos					
Aluminio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.001	0.003	0.005 ± 0.0010
Antimonio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0004	0.00013	0.00115 ± 0.00032
Arsénico Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0003	0.00010	0.00353 ± 0.00074
Bario Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0001	0.0003	0.0319 ± 0.0029
Berilio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.002	0.006	0.018 ± 0.0020
Cadmio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.003	0.009	81.505 ± 2.093
Cerio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0001	0.0003	0.0031 ± 0.00050
Cobalto Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00001	0.00003	0.00030 ± 0.000030
Cobre Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00003	0.00009	0.00206 ± 0.00052
Cromo Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Estafío Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0002	0.0006	0.7439 ± 0.067
Fósforo Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Gaio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00004	0.00012	0.00015 ± 0.000010
Germanio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0004	0.0013	0.0395 ± 0.0040
Lantano Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0001	0.0003	0.0158 ± 0.0014
Lutecio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.001	0.003	28.600 ± 3.43
Manganeso Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00003	0.00010	2.38910 ± 0.17
Mercurio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00002	0.00006	0.00173 ± 0.00040
Niobio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0002	0.0006	0.0014 ± 0.00030
Plata Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Polonio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.04	0.13	4.32 ± 0.36
Rubidio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0003	0.0009	0.0105 ± 0.0011
Selenio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silice Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.09	0.27	1.73 ± 0.15
Silicio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.040	0.128	0.807 ± 0.097
Sodio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.006	0.019	22.354 ± 2.46
Talio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00002	0.00006	0.00007 ± 0.000020
Tantalio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teiuro Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Uranio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.000003	0.000010	0.000318 ± 0.000067
Vanadio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0001	0.0003	0.0049 ± 0.00070
Wolframio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.0008	0.0026	0.0134 ± 0.0013
Zirconio Disuelto	EW_EPA200_8_DIS	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045
Metales Totales					
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	0.149 ± 0.013
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	0.00119 ± 0.00033
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00779 ± 0.00086
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0368 ± 0.0033
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00006 ± 0.000010
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	0.020 ± 0.0020
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00007 ± 0.000020
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	82.008 ± 9.20
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0032 ± 0.00050
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00052 ± 0.000050
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	0.01011 ± 0.0025
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003

Anexo V Panel Fotográfico



Punto de monitoreo E – IJ



Punto de monitoreo E - PUNRUN



Punto de monitoreo E - SRB



Punto de monitoreo E - UNISH



Punto de monitoreo MA - 2

Anexo VI

Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general ¿De qué manera la evaluación de los parámetros de calidad de agua superficial registrados por la Sociedad Minera El Brocal S.A.A. – UM Colquijírca en octubre de 2023 determinarán el cumplimiento de la normativa vigente (ECA para agua categoría 3) en la zona de estudio? Problemas específicos ¿Cuáles son los valores de los parámetros físico-químicos obtenidos en el monitoreo de agua	Objetivo general Evaluar los resultados del monitoreo de agua superficial de la UM Colquijírca – octubre 2023, para determinar el cumplimiento de la normativa vigente (ECA para agua – categoría 3) en la zona de estudio. Objetivos específicos Identificar y describir los valores de los parámetros físico-químicos obtenidos en el monitoreo de agua superficial en las estaciones	Hipótesis General Los resultados del monitoreo de agua superficial de la Unidad Minera Colquijírca – octubre 2023 presentan variaciones en los parámetros físico-químicos que determinan un cumplimiento parcial de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 en la zona de estudio. Hipótesis específicos Los parámetros físico-químicos del agua superficial (pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, entre otros) presentan variabilidad en las estaciones de	Variable Independiente Evaluación de los resultados del monitoreo de agua superficial de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A -UM Colquijírca. Variable Dependiente El cumplimiento a la normativa ambiental (ECA para agua - categoría 3) – 2023.	Tipo de investigación El tipo de investigación es Descriptiva, no experimental transversal, porque: Este tipo de investigación se enfoca en describir las características de la calidad del agua superficial en la zona de estudio. Implicando el recopilar los resultados del monitoreo y analizar estos resultados para identificar la presencia de contaminantes y sus concentraciones y compararlo con la normativa (ECA para agua - categoría 3). - Investigación Descriptiva - Investigación No Experimental - Investigación Transversal Diseño de Investigación: La presente es una investigación con diseño Descriptivo no experimental y Transversal.

superficial en las estaciones de la Unidad Minera Colquijirca durante octubre 2023? • ¿Cómo se comparan los resultados de los parámetros de calidad de agua superficial con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 establecidos en la normativa ambiental vigente? • ¿Cuál es el nivel de cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 en las estaciones de monitoreo evaluadas?	de la Unidad Minera Colquijirca, octubre 2023. • Comparar los resultados de los parámetros de calidad de agua superficial con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, establecidos en la normativa ambiental vigente. • Determinar el nivel de cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 en las estaciones de monitoreo evaluadas.	monitoreo evaluadas en la Unidad Minera Colquijirca – octubre 2023. • Los valores de los parámetros físico-químicos del agua superficial difieren respecto a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 en determinadas estaciones de monitoreo. • El nivel de cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 en las estaciones evaluadas es parcial, debido a la presencia de parámetros que exceden los límites establecidos.	Métodos de Investigación: Se toma como método general al analítico y deductivo. Método analítico para el análisis de los resultados del monitoreo de calidad de agua superficial de la UM Colquijirca correspondiente al mes de octubre del año 2023 y comparación con la normativa ambiental (ECA – categoría 3) y el método deductivo para deducir si a partir de los resultados estos reflejarán en la contaminación del agua de la zona en estudio y cumplimiento a esta norma ambiental.
--	---	---	--

Fuente: Elaboración propia