

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL AZUFRE QUECHER DE COMBAYO Y
CANAL AZUFRE QUECHER DESCARGA, LA ENCAÑADA - 2024**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

CRISTÓBAL QUIROZ BRINGAS

ASESOR:

Ing. M. Cs. EDGAR DARWIN DÍAZ MORI

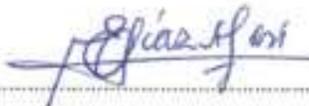
CAJAMARCA – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
CRISTÓBAL QUIROZ BRINGAS
DNI N° 72478106
Escuela Profesional/Unidad UNC:
DE INGENIERÍA AMBIENTAL
2. Asesor:
Ing. M. Cs. EDGAR DARWIN DÍAZ MORI
Facultad/Unidad UNC:
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado Académico o título profesional:
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título del trabajo de investigación:
CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL AZUFRE QUECHER DE COMBAYO Y CANAL AZUFRE
QUECHER DESCARGA, LA ENCAÑADA - 2024
6. Fecha de evaluación: 16/12/2024
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 3%
9. Código documento:
10. Resultado de la evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha de Emisión: 09/07/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>

Ing. M. Cs. EDGAR DARWIN DÍAZ MORI DNI: 27041767

*En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

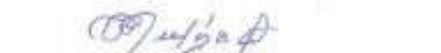
En la ciudad de Celendín, a los doce del mes de junio del año dos mil veinticinco, se reunieron en el aula 101 de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Sede Celendín, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 027-2025-FCA-UNC**, de fecha 13 de enero del 2025, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: "CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL AZUFRE QUECHER DE COMBAYO Y CANAL AZUFRE QUECHER DESCARGA, LA ENCAÑADA - 2024", realizada por el Bachiller CRISTÓBAL QUIROZ BRINGAS para optar por el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

A las DIECISEIS horas con DIEZ minutos, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, el presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con calificativo de **CATORCE (14)** por tanto, el Bachiller queda expedido para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

A las DIECISIETE horas y DIEZ minutos del mismo día, el presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.


Ph.D. Manuel Roberto Roncal Rabanal
PRESIDENTE


Ing° M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna
SECRETARIO


Ing. M. Cs. Adolfo Máximo López Aylas
VOCAL


ING° M. Cs. Edgar Darwin Díaz Mori
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Jorge Quiroz Álvarez y Gloria Marleny Bringas Alvarado, por su incondicional apoyo y dedicación a lo largo de mi formación académica. Su ejemplo de perseverancia y esfuerzo ha sido fundamental en la culminación de este proyecto, y su confianza en mis capacidades me ha permitido avanzar en cada paso de este camino. Este logro es el resultado de su constante motivación y guía, por lo cual les estaré eternamente agradecido.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mi hermano, Ronal Hadler Manosalva Bringas, por su constante apoyo y por ser una fuente de inspiración y fortaleza en cada momento. Su compañía y aliento han sido esenciales para llegar hasta aquí. También extendo mi más sincero agradecimiento a mi asesor, el Ing. M. Cs. Edgar Darwin Díaz Mori, por su invaluable orientación, paciencia y conocimiento, que han sido fundamentales en la realización de este trabajo. Finalmente, a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a este logro, ya sea con su tiempo, consejos o apoyo moral, les expreso mi gratitud. Este logro es, en gran parte, resultado de su confianza y apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II.....	5
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.2. Bases teóricas	11
2.2.1. Aguas subterráneas.....	11
2.2.2. Acuíferos	12
2.2.3. Manantiales.....	13
2.2.4. Aguas superficiales.....	13
2.2.5. Calidad del agua.....	14
2.2.6. Contaminación del agua por la industria minera.....	18

2.2.7.	<i>Índice de calidad del ambiental</i>	20
2.3.	Definición de términos básicos	22
2.3.1.	<i>Efluente minero</i>	22
2.3.2.	<i>Calidad del agua</i>	22
2.3.3.	<i>Parámetro</i>	22
2.3.4.	<i>Metales pesados</i>	23
2.3.5.	<i>Carga orgánica</i>	23
2.3.6.	<i>Estándares de calidad ambiental (ECAs) para agua</i>	23
CAPÍTULO III		24
MATERIALES Y MÉTODOS		24
3.1.	Localización de la investigación.....	24
3.2.	Materiales	28
3.3.	Fuentes y técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.3.1.	<i>Medición de los parámetros de campo</i>	28
3.3.2.	<i>Toma, preservación y envío de muestras</i>	29
3.3.3.	<i>Cálculo del índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales</i>	31
CAPÍTULO IV		35
RESULTADOS		35
4.1.	Propiedades fisicoquímicas del canal Azufre Quecher con código CAQ-1	35
4.2.	Propiedades fisicoquímicas del canal Azufre Quecher descarga con código CAQD-1. 46	

4.3. Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) de los dos canales.....	62
CAPÍTULO V.....	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1. Conclusiones.....	65
5.2. Recomendaciones	66
CAPÍTULO VI.....	67
REFERENCIAS	67
CAPÍTULO VII	78
ANEXOS	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición promedio y extrema de un drenaje ácido de mina, y aguas en cortas a cielo abierto.....	19
Tabla 2 Niveles máximos permisibles para efluentes de unidades minero-metalúrgicas	20
Tabla 3 Valoración del índice de calidad ambiental de recursos hídricos superficiales	22
Tabla 4 Ubicación de las fuentes de agua	24
Tabla 5 Puntos de muestreo, parámetros y técnica de muestreo	31
Tabla 6 Parámetros a evaluar según grupos	32
Tabla 7 Valoración del ICARHS	33
Tabla 8 Propiedades físicas y químicas del canal Azufre Quecher con código CAQ-1	35
Tabla 9 Propiedades físicas y químicas del canal Azufre Quecher con código CAQD-1	46
Tabla 10 Análisis estadístico ANOVA entre el CAQ-1 y el CAQD-1	59
Tabla 11 Subíndice de calidad ambiental del canal CAQ-1.....	63
Tabla 12 Subíndice de calidad ambiental del canal CAQ-1.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del trabajo de investigación	25
Figura 2 Medición de los parámetros de campo	29
Figura 3 Muestreo, etiquetado y preservación de muestras de los puntos CAQ-1, CAQD-1.....	30
Figura 4 Envío de muestras a laboratorio.....	30
Figura 5 Potencial de hidrogeno en el CAQ-1	36
Figura 6 Temperatura en el CAQ-1	37
Figura 7 Concentración de oxígeno disuelto en el CAQ-1	38
Figura 8 Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno en el CAQ-1.....	40
Figura 9 Concentración de la demanda química de oxígeno en el CAQ-1.....	41
Figura 10 Concentración de manganeso en el CAQ-1.....	42
Figura 11 Concentración de hierro en el CAQ-1	43
Figura 12 Concentración de cobalto en el CAQ-1	44
Figura 13 Concentración de aluminio en el CAQ-1	45
Figura 14 Potencial de hidrógeno en el CAQD-1	46
Figura 15 Temperatura en el CAQD-1	48
Figura 16 Concentración de oxígeno disuelto en CAQD-1	49
Figura 17 Demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno en el CAQD-1	50
Figura 18 Demanda química de oxígeno en el CAQD-1	51
Figura 19 Concentración de aluminio en el CAQD-1.....	52
Figura 20 Concentración de manganeso en el CAQD-1.....	53
Figura 21 Concentración de hierro en el CAQD-1	54
Figura 22 Concentración de cobalto en el CAQD-1	55

Figura 23 Concentración de boro en el CAQD-1.....	56
Figura 24 Concentración de cobre en el CAQD-1	57

RESUMEN

Al desconocer la calidad del agua en áreas influenciadas por unidades mineras, se vulnera la salud y el ambiente. En este sentido este estudio tuvo como objetivo general determinar la calidad del agua en los canales Azufre Quecher (CAQ- 1), de aproximadamente 2 893,66 m de longitud y que abastece a 103 usuarios, y Azufre Quecher Descarga (CAQD- 1), de aproximadamente 2 812,20 m, ambos construidos en concreto, mediante el análisis de las propiedades físico- químicas y el cálculo del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) de ambos canales. El monitoreo se realizó en cada punto con una frecuencia quincenal (una vez cada 15 días) y comprendió ocho repeticiones —cuatro en época húmeda y cuatro en época seca. Los resultados para el CAQ- 1 revelaron un caudal de 17,92 L/s, pH de 5,10, temperatura de 10,35 °C, oxígeno disuelto de 3,97 mg/L, DBO₅ de 3,90 mg/L, DQO de 18,62 mg/L, y concentraciones de metales inferiores al límite de cuantificación para As, Cd, Pb, B y Cu; los niveles de Al, Mn, Fe y Co fueron 0,68 mg/L, 0,01 mg/L, 0,03 mg/L y 0,02 mg/L, respectivamente. En contraste, el CAQD- 1 mostró un caudal de 17,88 L/s, pH de 5,96, temperatura de 11,05 °C, oxígeno disuelto de 3,95 mg/L, DBO₅ de 7,07 mg/L, DQO de 25,01 mg/L, con concentraciones de Al, Mn, Co y Cu de 1,02 mg/L, 0,24 mg/L, 0,06 mg/L y 0,26 mg/L, respectivamente. El ICARHS para el CAQ- 1 fue de 98.4440734 (calidad “excelente”), mientras que el CAQD- 1 presentó un ICARHS de 93.12310 (calidad “buena”).

Palabras clave: calidad del agua, ICARHS, parámetros físico-químicos, contaminantes.

ABSTRACT

Due to the lack of knowledge about water quality in areas influenced by mining units, both health and the environment are at risk. In this context, the general objective of this study was to determine the water quality of the Azufre Quecher channel (CAQ- 1), approximately 2,893.66 meters in length and serving 103 users, and the Azufre Quecher Discharge channel (CAQD- 1), approximately 2,812.20 meters long, both built with concrete, through the analysis of physicochemical properties and the calculation of the Environmental Quality Index of Surface Water Resources (ICARHS) for both channels. Monitoring was conducted at each point on a biweekly basis (once every 15 days), with a total of eight samples taken—four during the wet season and four during the dry season. The results for CAQ- 1 revealed a flow rate of 17.92 L/s, pH of 5.10, temperature of 10.35 °C, dissolved oxygen of 3.97 mg/L, BOD₅ of 3.90 mg/L, COD of 18.62 mg/L, and metal concentrations below the quantification limit for As, Cd, Pb, B, and Cu; the levels of Al, Mn, Fe, and Co were 0.68 mg/L, 0.01 mg/L, 0.03 mg/L, and 0.02 mg/L, respectively. In contrast, CAQD- 1 showed a flow rate of 17.88 L/s, pH of 5.96, temperature of 11.05 °C, dissolved oxygen of 3.95 mg/L, BOD₅ of 7.07 mg/L, COD of 25.01 mg/L, with concentrations of Al, Mn, Co, and Cu of 1.02 mg/L, 0.24 mg/L, 0.06 mg/L, and 0.26 mg/L, respectively. The ICARHS for CAQ- 1 was 98.4440734 (classified as “excellent” quality), while CAQD- 1 presented an ICARHS of 93.12310 (classified as “good” quality)..

Keywords: water quality, ICARHS, physicochemical parameters, pollutants.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es un indicador crítico de la salud de los ecosistemas acuáticos y de la disponibilidad de recursos hídricos para diversas actividades humanas. En regiones donde coexisten fuentes de agua natural y actividades industriales, como la minería; el monitoreo y la evaluación de la calidad del agua se vuelven esenciales para prevenir la contaminación y mitigar sus impactos ambientales. La presencia de metales pesados, materia orgánica y otros contaminantes en cuerpos de agua asociados a actividades mineras puede alterar significativamente las características fisicoquímicas y biológicas del agua, afectando tanto a la biodiversidad como a los usos humanos de este recurso.

Es innegable que el agua representa el recurso natural fundamental y esencial para la vida; desempeñando un papel crucial en diversas áreas a lo largo de todas las etapas de la sociedad. Su demanda abarca el suministro público, la irrigación, la generación de energía eléctrica, las actividades recreativas e incluso la gestión de los residuos. Su calidad es vital para la salud humana y el bienestar, lo que resalta la necesidad de una gestión sostenible y responsable de este recurso en todas sus aplicaciones. (Marinero et al., 2015, p. 141).

Sin embargo, la explotación y contaminación insostenible de los recursos hídricos a nivel global, especialmente a causa de la industria, se presenta como un desafío difícil de gestionar. Anualmente, se liberan en los cuerpos de agua entre 300 y 500 millones de toneladas de metales pesados, solventes, lodos tóxicos y otros desechos, comprometiendo la idoneidad del agua para el consumo humano y generando contaminación y pérdida de vida acuática. Con aproximadamente el 20% del total de agua extraída a nivel mundial, incluyendo la destinada a generación de energía e procesos industriales, se prevé que la industria incremente su uso anual de agua de 752 km³ en 1995 a alrededor de 1.170 km³ en 2025, constituyendo cerca del 24% de las extracciones de agua dulce (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2011, p. 1).

El Perú ocupa una posición destacada como productor mundial de diversos metales. En 2020, fue el segundo mayor productor global de cobre y plata, el tercero de zinc, y el cuarto de plomo, estaño, molibdeno y andalucita-cianita. Además, se ubicó en el quinto lugar para la producción de diatomita y el octavo en oro. Entre 2009 y 2019, se experimentó un notorio aumento en la producción total, alcanzando las 14.3 millones de toneladas métricas finas. Este aumento implica una mayor presión ambiental. Durante el mismo período, ciertos minerales, como molibdeno, hierro y cobre, registraron un crecimiento acumulado significativo, mientras que otros, como estaño, oro, zinc y plomo, disminuyeron en volumen de producción (Ministerio de Energía y Minas [MINEM], 2021, p. 4).

Las actividades económicas impactan la calidad del agua con vertimientos de aguas residuales, agroquímicos y desechos, pasivos ambientales de minería e hidrocarburos, minería informal, y deforestación. En la minería, la contaminación del agua proviene de vertidos con metales, especialmente en la extracción de oro, contribuye con mercurio y cianuro a cuerpos de agua mediante relaves y drenajes ácidos (Pereira et al., 2022, p. 28).

Se identificaron 2,283 puntos de impacto en la cuenca del Pacífico, representando el 55% de las fuentes, 1,602 puntos de impacto (39%) en la cuenca del Amazonas y 262 en la cuenca del Titicaca. Las principales fuentes de presión sobre estos cuerpos de agua incluyeron las descargas de aguas residuales de poblaciones (41%) y la disposición inadecuada de residuos sólidos (22%). La evaluación indica que actividades informales, como la minería, los pasivos ambientales y la gestión deficiente de los desechos sólidos, introducen cantidades no especificadas de contaminantes en los cuerpos de agua, exacerbando el deterioro de su calidad (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2016, p. 25).

La evaluación de la calidad del agua en las fuentes hídricas Azufre Quecher del área de influencia de la minera Yanacocha en Cajamarca. La producción destacada de metales en Perú, particularmente en la región de Cajamarca, plantea interrogantes cruciales sobre la calidad del agua en estas fuentes. La minería, siendo una actividad económica significativa en la zona, puede introducir elementos contaminantes que afectan directamente la calidad del agua. La presencia de vertimientos de aguas residuales y la gestión inadecuada de residuos sólidos vinculados a la actividad minera pueden representar amenazas sustanciales para la salud del agua en estas fuentes. En este sentido se formula la siguiente pregunta de investigación.

¿Cuál es la calidad del agua del canal Azufre Quecher de Combayo y canal Azufre Quecher descarga, La Encañada - 2024?

En un entorno donde las actividades mineras impactan directamente en la calidad de los recursos hídricos, es crucial realizar un análisis detallado de las condiciones del agua en canales afectados y no afectados por estas descargas. En este contexto, la investigación plantea los siguientes objetivos de investigación.

Objetivo general

Determinar la calidad del agua del canal Azufre Quecher de Combayo y canal Azufre Quecher descarga, La Encañada -2024.

Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas y químicas del canal Azufre Quecher con código CAQ-1.
- Determinar las propiedades físicas y químicas del canal Azufre Quecher descarga con código CAQD-1.
- Determinar el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) de los dos canales.

La evaluación de la calidad del agua en los canales Azufre Quecher y Azufre Quecher descarga es esencial para determinar el impacto de las actividades mineras sobre los recursos hídricos en la región. Este estudio proporciona información clave para la implementación de estrategias de gestión y control que mitiguen los efectos adversos de las descargas mineras, contribuyendo así a la protección de la calidad del agua y al cumplimiento de los estándares ambientales establecidos. La investigación ofrece una base sólida para la toma de decisiones informadas y la formulación de políticas efectivas en la gestión de los recursos hídricos.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

Según Gil et al. (2018) llevó a cabo una evaluación detallada de la calidad del agua superficial de un río mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA), utilizando el método ponderado aritmético. Se analizaron catorce parámetros, entre ellos temperatura, pH, dureza, conductividad eléctrica, nitrato, nitritos, sulfato, cloruros, oxígeno disuelto, hierro, manganeso, níquel, potasio y carga bacteriana total (CF). Los valores de ICA variaron desde 44,38 en la estación San Félix hasta 363,69 en Palmonagas. Se evidenció el impacto de actividades antropogénicas en parámetros como manganeso, nitratos, nitritos y CF. Aunque los parámetros físicos estudiados estuvieron dentro de los límites, los cationes hierro y manganeso en algunas estaciones superaron estándares, y se observaron niveles elevados de nitritos, nitratos y CF que excedían los límites permisibles, indicando la necesidad de tratamiento previo del agua del río Guarapiche para consumo humano en su cuenca media y baja (p.1).

También Gómez y Rojas (2014) evaluaron el impacto ambiental en la calidad del agua de la quebrada Cascabel, vinculado a las descargas generadas por actividades mineras

artesanales. Se observaron resultados significativos, con valores de pH en el rango de 6.51 a 7.15, temperatura entre 25.6 y 25.7 grados Celsius, y conductividad de 1170 a 1970 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Además, se identificaron concentraciones preocupantes de parámetros como DQO (1860.0-620.00 mg/L), DBO (8.00-9.00 mg/L), coliformes ($1.41\text{E}+02$ - $1.79\text{E}+03$ NMP), nitritos (0.237-0.33 $\mu\text{g}/\text{L}$), nitratos (3.3-11.20 mg/L), nitrógeno total (11.76-14.00 mg/L), mercurio (3.96-3.96 mg/L), y cianuro (2.89-3.26 mg/L). El índice de calidad ambiental (ICA) reflejó una calificación general considerada como mala, indicando un deterioro significativo en la calidad del recurso hídrico. En consecuencia, se concluyó que es imperativo implementar medidas efectivas de gestión de impactos, especialmente en el contexto de la minería artesanal, donde se requieren tecnologías avanzadas para minimizar los efectos adversos en la calidad del agua (p. 5).

Asimismo Fernández y Guardado (2021) llevaron a cabo la evaluación de la calidad del agua de un río mediante la aplicación del Índice de Calidad del Agua Superficial (ICAsup). Se recolectaron muestras en 20 puntos de muestreo durante los años 2017 y 2018, abarcando tanto períodos de lluvia como de sequía. Los resultados del ICAsup indican que la calidad del agua en la parte alta del río es considerada aceptable durante las lluvias (ICAsup=77) y poco contaminada en época de seca (ICAsup=96). Sin embargo, en la parte baja del río, la calidad del agua se mantiene altamente contaminada durante las lluvias (ICAsup entre 2 y 14) y contaminada en la época de sequía (ICAsup entre 14 y 35). Estos hallazgos revelan una disminución progresiva en la calidad del agua a medida que el río fluye desde la zona alta hasta la zona baja de la subcuenca. Se destaca que gran parte de la carga contaminante del río proviene de residuos industriales, desechos domésticos y

descargas de alcantarillado, especialmente en áreas de minería que afectan las propiedades físicas y químicas y capacidad de autodepuración del río (p. 105).

Del mismo modo López et al. (2021) realizaron la evaluación de la calidad físico-química de las aguas subterráneas y superficiales en una zona minera, tomando muestras de 5 fuentes de agua: Peñas Blancas y Túnel Azul (subterráneas), y El Sardinillo, plantel La Estrella y El Salto (superficiales). Los valores obtenidos fueron comparados con normas y directrices nacionales e internacionales, como CAPRE, OMS, CCME, FAO y USEPA, considerando los diferentes usos del agua, como consumo humano, protección para la vida acuática y uso agrícola. Se utilizó el Software CWQI 1.0 para calcular un índice de calidad del agua de 0 a 100 para cada sitio. Las aguas subterráneas fueron clasificadas como excelentes para consumo humano y uso agrícola, siendo la calidad del agua del Túnel Azul ligeramente superior a la del pozo Peñas Blancas. En cuanto a las aguas superficiales, El Sardinillo mostró una calidad de regular a buena para consumo humano, pobre a buena para la protección de la vida acuática, y excelente para uso agrícola según las normas. Los sitios La Estrella y El Salto presentaron calidades similares para consumo humano y protección de la vida acuática, desde pobre a marginal, pero de regular a excelente para uso agrícola. A pesar de no ser aptas para consumo humano, las aguas superficiales fueron consideradas útiles para la agricultura (p. 108).

También Cacsire y Valencia (2021) llevaron a cabo la evaluación de índices de calidad ambiental físico-químicos de una laguna que recibe los efluentes de una minera utilizando la metodología ICA-PE. Los parámetros monitoreados incluyeron el potencial de hidrógeno (pH), conductividad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobre, manganeso, mercurio, plomo y zinc. Estos fueron

comparados con los estándares de calidad ambiental para agua, específicamente en la categoría 3, subcategoría D-2 para agua destinada al consumo de animales. Los resultados indicaron que solo algunos parámetros, como el pH, oxígeno disuelto, manganeso y plomo durante la temporada húmeda de 2018, y pH, manganeso y plomo durante la temporada húmeda de 2019, superaron los estándares establecidos. Los índices de calidad ambiental para la laguna en la mayoría de las estaciones fueron calificados como "excelente", con excepción de un punto en la temporada húmeda de 2018 y una estación en la temporada húmeda de 2019, que obtuvieron la calificación de "bueno". Esto sugiere que el transporte o dispersión de contaminantes es casi nulo en la laguna, y se establece que la calidad del agua en Tinquicocha es adecuada para usos agrícolas y ganaderos (p. 5).

Asimismo Bedregal et al. (2010) llevaron a cabo la evaluación de las aguas de un río con influencia minera mediante el uso del Índice de Calidad de Agua (ICA). Se consideraron 9 estaciones de monitoreo distribuidas en épocas de invierno, primavera y verano, ubicadas después de los vertimientos de relaves mineros. Los parámetros para determinar el ICA fueron pH, OD, conductividad eléctrica (CE), DBO₅, coliformes fecales, sólidos suspendidos totales (SST), fosfatos totales (PT), nitratos (N-NO₃) y amonio (N-NH₄), así como los metales Arsénico (As), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu) y Plomo (Pb). La fórmula para el cálculo del ICA se basó en la desarrollada por el Ministerio de Medio Ambiente de Columbia Británica, adoptada por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME), teniendo en cuenta tres factores: objetivo (F1), frecuencia (F2) y amplitud (F3). Con valores en un intervalo de 0 a 100, en invierno, 5 estaciones mostraron un ICA entre 65-79, categorizadas como "regular"; 4 estaciones tuvieron valores entre 45-64, clasificadas como "marginales", y una estación obtuvo un valor

de 44, siendo categorizada como "pobre". En verano, 5 estaciones presentaron ICA entre 80-94, clasificadas como "buena". Concluyó que la calidad del agua del río en la Cuenca Alta se ve impactada por las actividades mineras, y el uso del ICA resultó ser una herramienta útil para la evaluación de la calidad de los cursos de agua superficial (p. 13).

Castillo Ticllacuri (2014) llevó a cabo la evaluación espacio-temporal de la calidad del agua de un río destinado al riego en tres puntos de muestreo, utilizando datos obtenidos por DIGESA y SEDAPAL del año 2011 en la parte alta de la cuenca. Se analizó la calidad espacial y temporal del agua para riego a través de dos índices de calidad (NSF WQI-USA y CCME WQI-Canadá) y el uso de dos métodos estadísticos (Correlación de Pearson y Análisis de Componentes Principales), considerando los ECA para agua. Utilizando el NSF WQI, en época seca se obtuvieron resultados de 74.94 (bueno), 79.88 (bueno) y 74.19 (bueno) en los tres puntos de muestreo, mientras que en época húmeda se registraron 73.37 (bueno), 75.76 (bueno) y 68.74 (medio). Con el CCME WQI, en época húmeda los tres puntos de muestreo mostraron valores de 78.8 (aceptable), 72.8 (aceptable) y 71.13 (aceptable), mientras que en época seca los resultados fueron de 87.2 (buena), 84 (buena) y 95.2 (excelente). Concluyó que dadas las características del río con caudal regulado en esta zona, los aportes de los efluentes mineros y municipales representan el mayor impacto en la calidad de las aguas superficiales durante la época de estiaje (p. 8).

Del mismo modo Olivera Chura (2019) llevó a cabo una evaluación ambiental del índice de calidad del agua de un río afectado por los pasivos ambientales de una mina, utilizando la metodología basada en las Normas y la Guía del MINAM. Los parámetros físicoquímicos evaluados incluyen: pH, con una media de 8.584; Potencial de óxido reducción, con una media de 128.97 mV; demanda de oxígeno, con una media de 5.349

ppm; conductividad eléctrica, con una media de 479.5 μ S; total de sólidos en suspensión, con una media de 0.2733 ppm; salinidad, con una media de 0.1324 ppm; turbidez, con una media de 12.11 UNT. En cuanto a los análisis químicos de contaminantes, los resultados fueron los siguientes: Arsénico, con un promedio de 0.00235 mg/l; cadmio, con un promedio de 0.00066 mg/l; mercurio, con un promedio de 0.00005 mg/l; plomo, con un promedio de 0.00682 mg/l. La evaluación ambiental se realizó considerando los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua. Los valores obtenidos para los parámetros fisicoquímicos y los análisis químicos estuvieron dentro de los límites máximos permisibles, establecidos para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas. El análisis de los componentes principales reveló la presencia de 6 componentes principales con un 98.42% de variabilidad, lo cual brinda confiabilidad a los resultados obtenidos en el estudio (p. XIV).

También, Quiroz Bringas (2023) Quiroz Bringas (2023), de la Universidad Nacional de Cajamarca, en su informe titulado Prácticas pre-profesionales en el área de monitoreo de aguas superficiales en la empresa Comisión de Monitoreo de Canales de Riego COMOCA, desarrolló actividades orientadas a la evaluación de la calidad y cantidad de agua en 25 canales de riego pertenecientes a dicha asociación. Entre las principales labores realizadas se incluyeron el reconocimiento del área de muestreo, la capacitación técnica sobre monitoreo, la extracción y preservación de muestras, y el análisis de resultados mediante cuadros y gráficos en Excel. Asimismo, elaboró material visual para la capacitación de usuarios, participó en reuniones con juntas de riego y apoyó en la elaboración de informes institucionales. El trabajo permitió actualizar la base de datos de la entidad con los resultados del monitoreo, los cuales, contrastados con los informes del Laboratorio Regional de Cajamarca, confirmaron que la calidad del agua en los canales cumplía con los

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para la categoría 3 excepción del CAQD-1, destinada al riego de vegetales y consumo de animales. También se destacó la importancia del calibrado de equipos multiparámetros para asegurar la fiabilidad de los datos, y se documentó que la medición de caudales se realizó mediante el método del flotador. Finalmente, se participó activamente en la socialización de resultados con directivos y usuarios, en un contexto afectado por la pandemia de la COVID-19.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas subterráneas

Fracción hídrica localizada bajo la superficie terrestre, accesible mediante técnicas de perforación, túneles o galerías de drenaje, y aquella que emerge de manera natural a través de manantiales o filtraciones hacia cursos fluviales, se erige como un componente esencial e integral del Ciclo Hidrológico. Este concepto abarca la diversidad de fuentes y procesos que caracterizan a las aguas subterráneas, las cuales desempeñan un papel crucial en la dinámica hidrológica global y en la provisión sostenible de recursos hídricos para diversos usos. La amplitud de este término abarca desde la exploración y explotación técnica de acuíferos hasta la manifestación natural de manantiales, consolidando así su relevancia en la gestión y comprensión holística de los recursos hídricos subterráneos (Ordoñez Gálvez, 2012, p. 9).

La trascendencia del agua subterránea se manifiesta en su contribución fundamental al flujo de los ríos, asegurando caudales continuos incluso en ausencia de precipitaciones. La variabilidad de esta contribución, dependiente de factores geológicos y climáticos, puede oscilar desde proporciones prácticamente nulas hasta alcanzar cerca del 100% en cuencas altamente permeables (Sahuquillo Herráiz, 2009, p. 98).

Este recurso subterráneo, vital para diversas aplicaciones, incluyendo el suministro de agua potable en contextos domésticos y urbanos, proyectos agropecuarios para riego y consumo animal, así como en numerosas industrias con altos requerimientos hídricos, resalta por su versatilidad y utilidad en distintos sectores. La distinción que confiere singularidad al agua subterránea radica en su menor vulnerabilidad a la contaminación y en la destacada capacidad de filtración del suelo, atributos que la posicionan frecuentemente como un recurso más puro que las aguas superficiales. Adicionalmente, su notable resistencia a periodos extensos de sequía añade un nivel adicional de resiliencia a su valiosa contribución hídrica (Vélez Otálvaro, 1999, p. 3).

2.2.2. Acuíferos

Se atribuye a las formaciones geológicas que albergan agua subterránea. En términos prácticos, la capacidad de un acuífero se relaciona con su aptitud para almacenar y transmitir agua en cantidades susceptibles de explotación económica. Es esencial considerar que ciertas formaciones, como las arcillosas, tienen la capacidad de almacenar grandes volúmenes de agua, pero presentan limitaciones en su capacidad de transmisión, excluyéndolas de la categoría de acuíferos. El comportamiento de un acuífero se asemeja al de un embalse, con consideraciones clave como el caudal de entrada, el caudal de salida y su capacidad de almacenamiento y regulación (Fuentes Yagüe, 1992, p. 6).

Según Ordoñez Gálvez (2012) en la clasificación de los acuíferos se distinguen 3 grupos (acuíferos libres, confinados y semiconfinados):

Acuíferos libres. Exhiben un nivel de agua por debajo del techo de la formación permeable, liberando agua por desaturación.

Acuíferos confinados. Están cubiertos por una capa impermeable, con el nivel de agua por encima del techo de la formación acuífera; la liberación de agua en estos acuíferos proviene de la expansión y descompresión de la estructura permeable vertical, especialmente durante la depresión en el acuífero, siendo también denominados acuíferos cautivos

Acuíferos semiconfinados. Se caracterizan por tener muros, techos o ambos que no son completamente impermeables, permitiendo una circulación vertical del agua (p. 10).

2.2.3. Manantiales

Un manantial se define como una manifestación superficial de agua que emerge de las formaciones geológicas, siendo la expresión directa de la descarga del agua subterránea en la superficie terrestre. Este fenómeno se produce cuando el nivel freático del acuífero alcanza la superficie del suelo, generando una salida de agua visible. Los manantiales pueden clasificarse según su régimen de flujo, dividiéndose en manantiales intermitentes y permanentes. La formación de manantiales suele estar asociada a la presencia de fracturas o fallas en las capas geológicas, que permiten el ascenso del agua desde niveles más profundos. En el contexto de captación de agua, se emplean diversas técnicas, siendo las galerías y drenes métodos comunes. Las galerías, estructuras horizontales excavadas en la roca, actúan como canales de conducción del agua subterránea hacia la superficie. Estas perforaciones, con una sección generalmente circular, interceptan el flujo del acuífero, facilitando la salida controlada del agua a través de la gravedad (Vélez et al., 2012, p. 65).

2.2.4. Aguas superficiales

Las aguas superficiales comprenden aquellos cuerpos de agua que se ubican en la superficie terrestre y se originan a partir de procesos como la escorrentía generada por las

precipitaciones o el afloramiento de aguas subterráneas. Su manifestación puede adoptar formas corrientosas, como en el caso de corrientes, ríos y arroyos, o en estado tranquilo cuando se trata de lagos, embalses, lagunas, humedales, estuarios, océanos y mares. Con fines regulatorios, se define el agua superficial como aquella expuesta a la atmósfera y sujeta a la escorrentía superficial. Una vez generada, el flujo de agua superficial sigue la ruta de menor resistencia, transitando a través de arroyos, riachuelos, quebradas y ríos que conducen el agua desde áreas con pendiente descendente hacia un curso de agua principal (Jiménez Terán, 2013, p. 18).

2.2.5. Calidad del agua

La calidad del agua se evalúa considerando sus características físicas, químicas y biológicas, ya sea en su estado natural o modificado por la actividad humana. Este proceso implica comparar las propiedades de una muestra de agua con los criterios definidos por entidades, para determinar su idoneidad para diversos usos, y no se limita exclusivamente al consumo humano. La preocupación por el deterioro de la calidad del agua a nivel mundial ha aumentado debido al crecimiento poblacional, la expansión de actividades industriales y agrícolas, así como a la amenaza del cambio climático, que podría provocar alteraciones significativas en el ciclo hidrológico (Baeza Gómez, 2016, p. 1). Chang Gómez (2009) lo define como “atributos que presenta el agua, de manera tal, que reúna criterios de aceptabilidad para diversos usos. Incluye todos los factores que influyen en el uso beneficioso del agua, físicos, químicos y biológicos” (p. 9).

El agua desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la vida y sus diversas aplicaciones, siendo un recurso esencial y limitado en la Tierra. La calidad del agua dulce es crucial para satisfacer las necesidades de consumo humano, la adecuada

alimentación y bebida de animales, así como para respaldar los sistemas de riego en la producción agrícola. Además, la calidad del agua influye en la salud de los ecosistemas acuáticos y en la biodiversidad asociada. La preservación de la calidad del agua se vuelve imperativa, ya que la contaminación puede surgir de diversos agentes patógenos, elementos físico-químicos perjudiciales, sustancias infecciosas y la presencia de productos químicos tóxicos o radiactivos. Estos contaminantes no solo afectan la idoneidad del agua para el consumo humano, sino que también tienen impactos negativos en la fauna y flora acuáticas, comprometiendo la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos y la salud global del planeta (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015, p. 1).

Según Chang Gómez (2009) la calidad del agua, un recurso esencial para la vida, se ve afectada por diversos factores y lo clasifica en categorías fundamentales: físicos, químicos, biológicos y bacteriológicos:

En términos **físicos**, la temperatura del agua y su turbidez desempeñan un papel crucial, influenciando la solubilidad de sustancias y la claridad del medio acuático.

A nivel **químico**, el pH, la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos, así como el exceso de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, son elementos determinantes; y no olvidar compuestos y elementos inorgánicos como metales pesados.

La calidad **biológica** se relaciona con la diversidad y presencia de organismos vivos, desde algas hasta macroinvertebrados, indicando el estado saludable del ecosistema.

Microbiológica aborda la presencia de bacterias patógenas y coliformes fecales, indicadores cruciales de la contaminación fecal y del riesgo para la salud humana.

La interacción compleja entre estos factores subraya la importancia del monitoreo constante para evaluar y preservar la calidad del agua, crucial para diversos usos, como el abastecimiento de agua potable, la irrigación y la salud del ecosistema (p. 25-34).

El deterioro de la calidad del agua responde a presiones antrópicas descargas industriales, agrícolas y mineras, así como a factores climáticos, que pueden alterar la disponibilidad de oxígeno disuelto, modificar parámetros de pH y elevar la carga de contaminantes emergentes (UNESCO, 2025, p. 1). Desde la perspectiva física, la temperatura y la turbidez influyen en la solubilidad de gases y en la penetración de la luz, afectando procesos biológicos como la fotosíntesis y la distribución de especies; químicamente, variables como pH, alcalinidad, dureza y concentración de nutrientes (nitratos, fosfatos) regulan la reactividad del agua y son críticos para prevenir eutrofización (Jing et al., 2023, p. 2).

La ingestión o el contacto con agua de calidad deficiente está estrechamente vinculado a una amplia gama de enfermedades infecciosas y crónicas. Más de dos millones de muertes anuales se atribuyen a enfermedades diarreicas causadas por el consumo de agua contaminada, con un mayor impacto en la población infantil de países en desarrollo. Patógenos transmitidos por el agua, como *Vibrio cholerae*, *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium*, siguen provocando brotes de cólera, disentería y hepatitis A, comprometiendo la absorción de nutrientes y aumentando la malnutrición crónica en comunidades vulnerable (Prüss y otros, 2019, p. 765).

Desde la perspectiva ecológica, el exceso de nutrientes en particular nitrógeno y fósforo desencadena procesos de eutrofización que favorecen la proliferación de floraciones algales nocivas (HAB), estas floraciones, dominadas por cianobacterias,

pueden producir toxinas altamente potentes que generan hipoxia en cuerpos de agua y desencadenan mortandades masivas de peces y organismos bentónicos, comprometiendo la biodiversidad acuática (Hudnell et al., 2008, p. 4).

La contaminación química de los cuerpos de agua impacta negativamente en la salud de los ecosistemas, afectando tanto a las especies acuáticas como a aquellas terrestres que dependen de estas fuentes. La presencia de metales pesados como arsénico, plomo y cadmio, en concentraciones que superan los umbrales ecotoxicológicos, representa un riesgo elevado, ya que estos elementos se acumulan en los organismos a través de procesos de bioacumulación. Esta acumulación puede provocar efectos tóxicos a nivel neurológico, inmunológico y reproductivo, especialmente en peces y aves acuáticas. A su vez, estos contaminantes pueden transferirse a lo largo de las cadenas tróficas, amplificando sus efectos en diferentes niveles del ecosistema. Por ello, su presencia en cuerpos de agua constituye una preocupación ambiental prioritaria que requiere monitoreo continuo y medidas de control efectivas (Warren et al., 2023, p. 2).

La degradación de la calidad del agua también repercute en la capacidad de recuperación ecológica y en la resiliencia frente al cambio climático; en escenarios de sequía y eventos extremos, cuerpos de agua con alta carga contaminante exhiben menor concentración de oxígeno disuelto y pH inestable, lo que reduce drásticamente la resistencia de especies nativas. Además, el aumento de la temperatura del agua acelerado por el cambio climático intensifica las cinéticas de reacción de contaminantes, incrementando la formación de especies tóxicas y favoreciendo la liberación de metales adsorbidos en sedimentos. Por otro lado, la alteración de los regímenes de flujo modifica la capacidad de dilución y transporte de contaminantes, provocando episodios de

sobredosis puntual de carga contaminante y generando cambios morfológicos en el lecho que deterioran hábitats críticos para la fauna acuática (Van et al., 2023, p. 687).

2.2.6. Contaminación del agua por la industria minera

La diversidad de contaminantes generados por actividades industriales es tan amplia como los diversos sectores que las originan. En el caso de la contaminación vinculada a la minería, esta se deriva principalmente de las descargas de los procesos de lavado de minerales y de la lixiviación provocada por el agua pluvial en los depósitos de desechos. La gestión de residuos industriales sólidos implica su disposición en escombreras y vertederos, mientras que los efluentes líquidos suelen ser descargados en cuerpos de agua superficial, excavaciones o acuíferos salinos o secos. El riesgo de contaminación de las aguas subterráneas se incrementa cuando dichos vertidos ocurren en ubicaciones inadecuadas desde una perspectiva hidrogeológica o cuando se llevan a cabo sin un control adecuado. Es crucial destacar la problemática de los residuos radiactivos, que requieren emplazamientos con condiciones extremadamente rigurosas debido a su peligrosidad y persistencia en el medio ambiente (Fuentes Yagüe, 1992, p. 29).

La contaminación del agua en zonas mineras surge principalmente por la adición de sustancias químicas y formas de energía, como el calor, que modifican sus propiedades fisicoquímicas, afectando su calidad y disponibilidad. Un fenómeno común es la generación de drenaje ácido de mina (DAM), donde los sulfuros, al exponerse al oxígeno y al agua, se oxidan química y biológicamente, liberando ácidos y metales pesados al entorno. Este proceso no solo incrementa la acidez, sino que también facilita la movilización de contaminantes tóxicos como el hierro, arsénico y metales traza, comprometiendo ecosistemas acuáticos y aumentando el riesgo de toxicidad. Además, el

drenaje ácido afecta la capacidad de los cuerpos de agua para sostener la vida y puede generar altos costos en tratamientos para la remediación del agua. (Aduvire, 2006, p. 6).

Tabla 1

Composición promedio y extrema de un drenaje ácido de mina, y aguas en cortas a cielo abierto

Parámetro	Unidades	Drenaje ácido		Aguas en cortas mineras	
		Promedio	Caso extremo	Promedio	Caso extremo
pH	S. U	2.7	0.82	2.6	1.2
T	°C	21	16.5	23	24
EC	mS/cm	7.9	-	5.3	55.6
Eh	m	627	625	782	584
DO	mg/L	3.8	-	7.6	0
DO	% sat.	42	-	93	0
SO ₄	mg/L	7.460	134.200	4.000	41.900
Na	mg/L	32	37	31	78
K	mg/L	3	130	2	12
Mg	mg/L	414	3.036	357	1.957
Ca	mg/L	162	137	180	286
Fet	mg/L	1.494	74.215 ⁽¹⁾	332	36.675
Fe (II)	mg/L	801	40.600 ⁽²⁾	15	32.500
Fe (III)	mg/L	476	28.630 ⁽²⁾	312	3.950
Al	mg/L	386	7.556	123	1.919
Mn	mg/L	37	38	34	128
Cu	mg/L	64	1.945	20	1.350
Zn	mg/L	169	1.096	31	6.670
As	µg/L	2.123	303	91	158.730
Cd	µg/L	490	13.759	102	18.020
Parámetro	Unidades	Drenaje ácido		Aguas en cortas mineras	
		Promedio	Caso extremo	Promedio	Caso extremo
Co	µg/L	3.413	2.447	1.100	18.689
Cr	µg/L	118	52	38	1.295
Ni	µg/L	1.063	3.220	656	5.214
Pb	µg/L	61	108	122	4.402
Th	µg/L	23	376	6	-
Ti	µg/L	27	2.683	4	-
U	µg/L	64	981	7	-
V	µg/L	65	6.756	27	-

Fuente: (Sánchez España, 2008, como se citó en Lillo, 2020)

El MINAM (2010) fijó límites máximos permitidos para efluentes líquidos de unidades minero-metalúrgicas, tanto nuevas como en operación, conforme al D.S. 010-2010-MINAM. Estos límites se miden en puntos de descarga para evaluar la concentración de cada parámetro regulado y el volumen diario en metros cúbicos. La frecuencia y periodicidad de informes dependen del volumen de los efluentes.

Tabla 2

Niveles máximos permisibles para efluentes de unidades minero-metalúrgicas

Parámetro	Unidad	Decreto Supremo 010-2010-MINAM	
		Cualquier momento	Promedio anual
pH	u.e.	6-9	6-9
STS	mg/L	50	25
Aceites y grasas	mg/L	20	16
Cadmio	mg/L	0.05	0.04
Mercurio	mg/L	0.002	0.0016
Plomo	mg/L	0.2	0.16
Cobre	mg/L	0.5	0.4
Zinc	mg/L	1.5	1.2
Hierro (1)	mg/L	2.0	1.6
Cromo	mg/L	0.1	0.08
Arsénico	mg/L	0.1	0.08
Cianuro total (2)	mg/L	1.0	0.8

Fuente: (MINAM, 2010, p. 4)

2.2.7. Índice de calidad del ambiental

Los índices de calidad ambiental desempeñan un papel crucial en la administración de los recursos hídricos, ya que representan una herramienta esencial para la evaluación de la calidad de dichos recursos. Su función principal radica en la simplificación de la transmisión de información, ofreciendo una visión clara de la calidad del agua tanto a las autoridades pertinentes como al público en general. Estos índices permiten la identificación

y comparación de las condiciones de calidad del agua, así como el análisis de posibles tendencias a lo largo del espacio y el tiempo. La valoración de la calidad del agua se realiza en una escala numérica que oscila entre 0 y 100. En esta escala, el valor 0 representa una calidad deficiente, mientras que el valor 100 denota una calidad excelente. La utilidad de estos índices radica en su capacidad para ofrecer una evaluación cuantitativa y objetiva de la calidad del recurso hídrico, facilitando la toma de decisiones informadas en la gestión ambiental. Además, al proporcionar una perspectiva comparativa, estos índices permiten una comprensión más profunda de las variaciones temporales y espaciales en la calidad del agua, contribuyendo así a un enfoque más eficaz en la preservación y mejora de los ecosistemas acuáticos (ANA, 2020, p. 4).

La interpretación de los resultados de estos índices va más allá de la simple asignación de valores numéricos, ya que implica analizar la interrelación entre los parámetros evaluados. Esta perspectiva holística no solo proporciona una visión más precisa de la calidad del agua, sino que también facilita la identificación de posibles fuentes de contaminación y orienta las estrategias de gestión ambiental hacia la preservación y restauración de los ecosistemas acuáticos de manera sostenible. Además, la aplicación de análisis multivariado como el análisis de componentes principales y el clustering jerárquico permite discernir patrones de contaminación y agrupar estaciones de muestreo según perfiles de contaminantes, optimizando la priorización de intervenciones, la retroalimentación continua de los resultados en un marco de gestión adaptativa posibilita ajustar umbrales de acción y diseñar planes de respuesta rápida frente a variaciones estacionales o eventos puntuales de contaminación (Peche González, 2017, p. 181).

Tabla 3*Valoración del índice de calidad ambiental de recursos hídricos superficiales*

ICA-PE	Calificación	Interpretación
95 – 100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
80 – 94	Bueno	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
65 – 79	Regular	La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
45 – 64	Malo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
0 – 44	Pésimo	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

Fuente: (CCME, 2001, como se citó en ANA, 2020, p. 20)

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Efluente minero

Liberación periódica de líquidos hacia cuerpos receptores. En el ámbito minero, estos efluentes a menudo contienen metales pesados y sustancias químicas, con posibles repercusiones en la calidad del agua y el entorno ambiental (MINAM, 2010, p. 2).

2.3.2. Calidad del agua

Condiciones en las que se encuentra el agua, ya sea en su estado natural o después de ser modificada por la actividad humana, en relación con sus características físicas, químicas y biológicas (Baeza Gómez, 2016, p. 1).

2.3.3. Parámetro

Cualquier componente, sustancia o característica física, química o biológica presente en el efluente líquido de las operaciones mineras que determina su calidad (MINAM, 2010, p. 2).

2.3.4. Metales pesados

Elementos caracterizados por su persistencia, baja volatilidad y capacidad para acumularse en el medio ambiente. A pesar de su baja percepción sensorial, poseen propiedades potencialmente tóxicas para los seres humanos, incluso en concentraciones diminutas (Ramírez et al., 2023, p. 24).

2.3.5. Carga orgánica

Cantidad de materia orgánica en aguas residuales que fluye en un cuerpo de agua, compuesta por restos biológicos y compuestos orgánicos, susceptible a descomposición biológica (Reyes y Reyes, 2009, p. 102).

2.3.6. Estándares de calidad ambiental (ECAs) para agua

Nivel de concentración o la magnitud de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos en el agua, como parte integral de los ecosistemas acuáticos y en su función de cuerpo receptor, que no plantea un riesgo sustancial para la salud humana ni para el medio ambiente (MINAM, 2017, p. 1).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización de la investigación

Este estudio se lleva a cabo en las fuentes de agua Azufre Quecher, destinadas para riego, ubicadas en el caserío El Pabellón, que forma parte del centro poblado de Combayo, en el distrito de La Encañada, provincia de Cajamarca, región Cajamarca. Se seleccionan dos puntos de muestreo: una fuente natural (Azufre Quecher CAQ-1) y una quebrada que recibe los efluentes de la empresa Minera Yanacocha (Azufre Quecher CAQD-1). Las coordenadas de estos puntos se detallan en la tabla 4.

Tabla 4

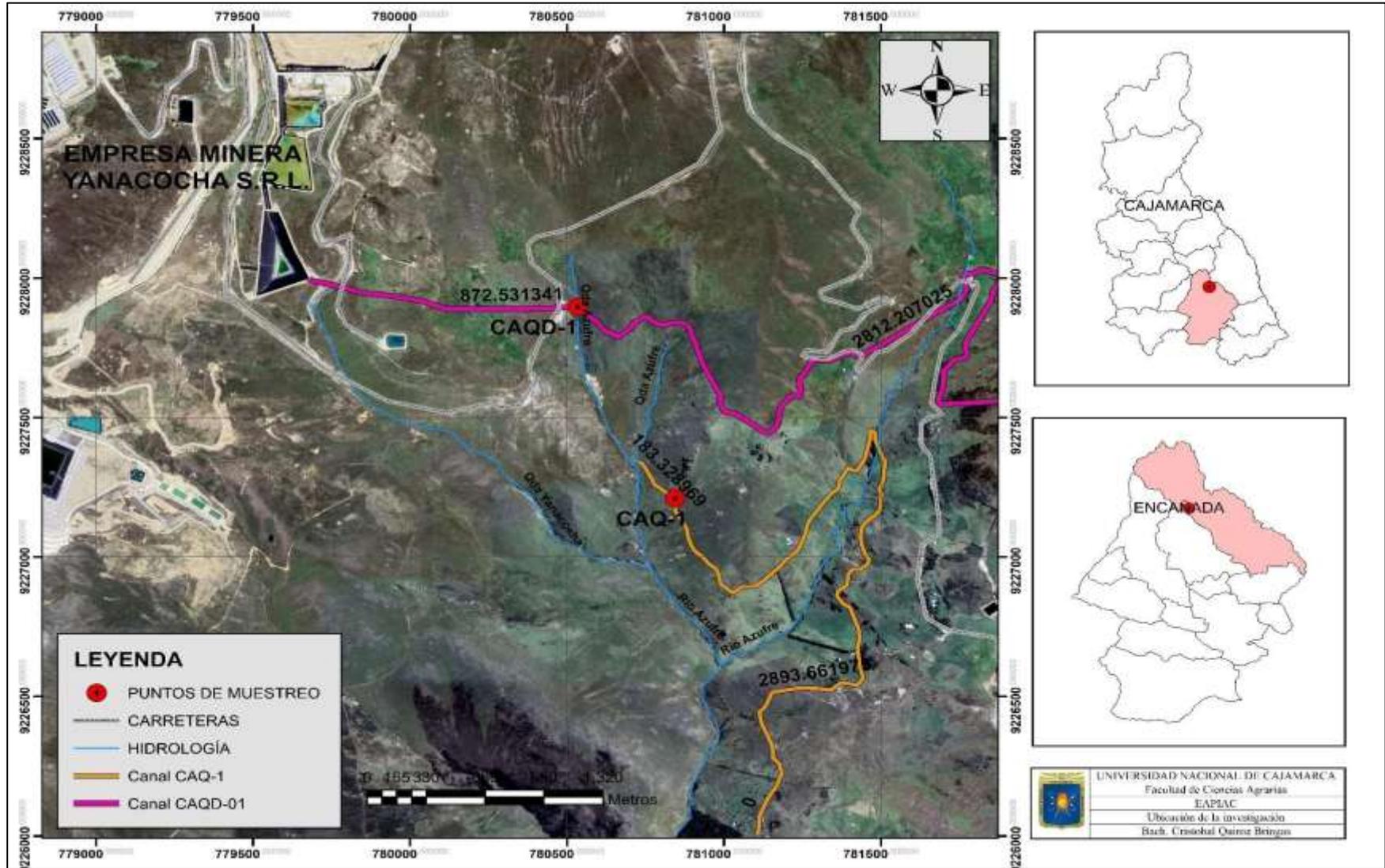
Ubicación de las fuentes de agua

Puntos	Descripción	Coordenadas geográficas		Altitud (msnm)
		Este	Norte	
1	Azufre Quecher CAQ-1	780785.82	9227237.76	3832
2	Azufre Quecher CAQD-1	780489.57	9227918.70	3894

Fuente: Coordenadas obtenidas mediante dispositivo GPS en sitio de muestreo (CAQ-1: Canal fuente natural, CAQD-1: Canal Descarga de efluentes mineros).

Figura 1

Ubicación del trabajo de investigación



Geología de la zona. La secuencia litológica se inicia con rocas calcáreas de las Formaciones Pariatambo y Yumagual (Cretácico inferior- superior), donde predominan bancos de caliza masiva y margas intercaladas, que aportan alta reactividad al pH del agua de escorrentía. Sobre estas, afloran flujos volcánicos piroclásticos y tobas del Neógeno pertenecientes a la Formación Huambos, caracterizados por fragmentos angulosos de riolita y dacita, que incrementan la heterogeneidad textural del material disponible para erosión. Finalmente, la cubierta superficial corresponde a depósitos coluviales- glaciár- aluviales y aluviales recientes del Cuaternario, que presentan granulometrías variables (desde arcillas hasta gravas) y facilitan tanto el almacenamiento de contaminantes como su liberación durante eventos de alta precipitación (Quispe Mamani, 2015, p. 69).

Usos del suelo. La actividad agrícola predominante en los alrededores de Combayo incluye el cultivo de papas, ollucos y ocas, practicada sobre suelos andisoles de pendiente moderada a pronunciada; estos cultivos requieren el aporte de fertilizantes químicos, lo que ha ocasionado un ligero deterioro en las propiedades químicas y biológicas de los suelos en sectores de Bellavista Baja (Olortegui Mugerza, 2017). Paralelamente, la histórica expansión de la frontera agropecuaria y la fragmentación de ecosistemas ha favorecido el establecimiento de potreros para ganadería extensiva, reduciendo la cobertura vegetal nativa y exponiendo el suelo a la erosión. En las estribaciones más altas se identifican también labores mineras artesanales de extracción de minerales metalíferos, cuya dinámica de vertido de relaves incrementa la carga de metales pesados y sedimentos finos en los escurrimientos hacia los canales (Neyra, 2020).

Fenómenos erosivos. La escorrentía superficial es el mecanismo de erosión dominante, especialmente durante la época húmeda, generando agentes de transporte que forman cárcavas en laderas y terrazas; en sectores como Chilcaloma se han documentado cárcavas activas que afectan caminos rurales y disminuyen la infiltración de agua al subsuelo. Adicionalmente, los taludes resultan proclives a deslizamientos de tierra de pequeña escala, donde la ruptura de material coluvial- aluvial provoca caídas de bloques y movilización de sedimentos hacia las quebradas (Zavala & Barrantes, 2007). La combinación de pendientes moderadas (15–30 %) y lluvias intensas produce episodios de arrastre hídrico que elevan la turbidez y el contenido de sólidos suspendidos en los canales CAQ- 1 y CAQD- 1, contribuyendo a la degradación de la calidad del agua río abajo. En conjunto, estos procesos configuran un riesgo geodinámico que debe incorporarse en estrategias de manejo de cuencas y protección de la infraestructura hídrica.

Descripción de los canales.

El canal Azufre Quecher (CAQ- 1), con una longitud aproximada de 2 893,66 m y un caudal promedio de 17.91 L/s, es una infraestructura revestida en concreto que inicia en la cabecera de la cuenca. A lo largo de su recorrido, capta aportes de pequeñas quebradas agrícolas y de pastoreo, y distribuye el recurso hídrico para riego sobre una superficie de 263,48 ha en las zonas de cultivo de Combayo. Este canal beneficia a 110 usuarios, según el estudio de preinversión del proyecto de riego en la cuenca del río Azufre.

Por su parte, el canal Azufre Quecher Descarga (CAQD- 1), de cerca de 2 812,20 m de longitud con un caudal promedio de 18.87 L/s, construido en concreto, funciona como un conducto que transporta aguas de retorno y efluentes de procedencia principalmente minera.

3.2. Materiales

Equipos y materiales de campo

- GPS Garmin Etrex vista HCx
- Medidor multiparamétrico HANNA HI98196
- Material de muestreo (vidrio o plástico, según requerimiento)
- Cooler

Material y equipos de laboratorio

- Agua destilada
- Reactivos (preservantes de muestras según lo requerido por el laboratorio)
- Registro de custodia.

3.3. Fuentes y técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Medición de los parámetros de campo

Los parámetros de campo, tales como el pH, temperatura y oxígeno disuelto de las fuentes de agua Azufre Quecher, se realiza la medición directamente en el sitio, abarcando cada uno de los puntos de muestreo previamente identificados. Además, para garantizar la confiabilidad de los datos recopilados, se siguen las siguientes pautas:

- La lectura de los valores se realiza de manera inmediata después de la toma de la muestra de agua.
- En caso de observarse variaciones significativas entre las medidas de dos muestras consecutivas, se procede a recalibrar el equipo correspondiente.
- Se realiza la limpieza de los equipos de muestreo inmediatamente después de su utilización, y de manera adicional entre cada proceso de muestreo, con el fin de prevenir posibles fuentes de contaminación.

Figura 2

Medición de los parámetros de campo



3.3.2. Toma, preservación y envío de muestras

En esta etapa, se considera el análisis de los parámetros en el Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca, que cuenta con la debida acreditación por parte de INACAL con registro N° LE - 084 y opera bajo administración estatal, garantizando la confiabilidad de los resultados obtenidos. Los parámetros sujetos a este análisis incluyen DBO₅, DQO, Al, As, Mn, Fe, Cd, Pb, B, Cu, Co, Cr. Para ello, se sigue el protocolo establecido por el laboratorio, abordando los siguientes puntos:

- Las botellas son etiquetadas previamente a la toma de muestras de agua, y se utiliza el equipo de protección personal (EPP) adecuado durante el proceso. El agua es muestreada siguiendo el protocolo de monitoreo adecuado. Después de recoger la muestra, se añade el reactivo de conservación cuando es necesario. Se completa el formulario de orden de custodia, especificando todos los detalles relevantes, incluyendo los parámetros evaluados, el número de muestra, los reactivos de preservación, las condiciones de conservación y el nombre del operador del muestreo.

Figura 3

Muestreo, etiquetado y preservación de muestras de los puntos CAQ-1, CAQD-1



- Las muestras de agua recolectadas, preservadas y rotuladas se almacenan en una caja térmica con refrigerante (Cooler), siguiendo las recomendaciones establecidas. El envío de las muestras al laboratorio para su análisis se realiza dentro del plazo establecido.

Figura 4

Envío de muestras a laboratorio



- Del mismo modo, se realizan ocho repeticiones siguiendo la guía para el cálculo del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales proporcionada por la Autoridad Nacional del Agua (2020): cuatro repeticiones se llevan a cabo durante la época de lluvia (marzo, abril) y cuatro durante la época seca (mayo, junio).

Tabla 5

Puntos de muestreo, parámetros y técnica de muestreo

Punto de muestreo	Parámetros analizados	Técnica de muestreo	Repeticiones	Frecuencia
CAQ-1 CAQD-1	pH Temperatura Oxígeno disuelto	Medición in situ con multiparámetro	8	Cada 15 días
	DBO ₅ DQO Arsénico Aluminio Manganeso Hierro Cobalto Cadmio Plomo Boro Cobre	Recolección y análisis de muestras en laboratorio	8	Cada 15 días

3.3.3. Cálculo del índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales

Los resultados proporcionados por el Laboratorio Regional del Agua son sometidos a comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para agua, categoría III, con el fin de evaluar el grado de cumplimiento. Con estos resultados, se lleva a cabo el cálculo de los índices de calidad del agua, siguiendo el procedimiento establecido por la guía Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) establecida por la ANA (2020) de la siguiente manera:

- El cálculo del ICARHS, depende de dos subíndices (S_1 , S_2), que se calculan en función de los parámetros que guardan relación entre si (Materia orgánica, Físico-químico metal), como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6

Parámetros a evaluar según grupos

	Categoría 1	Categoría 3	Categoría 4
	Subcategoría A2 1/	2/	Subcategoría E2 3/
Materia orgánica	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	X	X
	Demanda química de oxígeno (DQO)	X	X
	Oxígeno disuelto (valor mínimo)	X	X
	Coliformes termotolerantes	X	X
	Fósforo total	X	
	Amoníaco - N	X	
	Nitratos (NO ³⁻)		
	Hidrocarburos totales de petróleo 4/		
Físico-químico Metal	Potencial de hidrógeno (pH)	X	X
	Arsénico	X	X
	Aluminio	X	X
	Manganeso	X	X
	Hierro	X	X
	Cadmio	X	X
	Plomo	X	X
	Boro 5/	X	X
	Cobre		X
	Mercurio		
	Zinc		
	Sólidos suspendidos totales		

- Para la determinación de los subíndices, se utiliza la fórmula siguiente:

$$CCMEWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$$

- Para la evaluación de F1 (alcance), F2 (frecuencia) y F3 (amplitud), se emplea las siguientes fórmulas:

$$F1 = \frac{\text{número de parámetros que no cumplen con los ECA - agua}}{\text{número total de parámetros a evaluar}}$$

$$F2 = \frac{\text{número de parámetros que NO cumplen el ECA - agua de los datos evaluados}}{\text{número total de datos evaluados}}$$

$$F3 = \left(\frac{\text{suma normalizada de excedentes}}{\text{suma normalizada de excedentes} + 1} \right) * 100$$

- La fórmula siguiente se utiliza para calcular la suma normalizada de excedentes:

$$\text{Suma normalizada de excedentes} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedente}_i}{\text{total de datos}} \right)$$

- En caso de que el parámetro supere el valor del ECA, se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Excedente} = \left(\frac{\text{Valor del parámetro que no cumple con los ECAs}}{\text{Valor establecido del parámetro en los ECAs}} \right) - 1$$

- Si el parámetro es menor al valor del ECA, se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Excedente} = \left(\frac{\text{Valor establecido del parámetro en los ECAs}}{\text{Valor del parámetro que no cumple con los ECAs}} \right) - 1$$

- A partir del resultado obtenido en los subíndices, la calificación final del ICARHS se le asignara el resultado de menor valor en un rango de 0 a 100, lo cual facilita la clasificación en categorías que van desde pésimo, malo, regular, bueno hasta excelente, de acuerdo con la tabla siguiente:

$$\text{ICARHS} = \min.(S_1, S_2)$$

Tabla 7

Valoración del ICARHS

ICA-PE	Calificación
95 – 100	Excelente
80 – 94	Bueno
65 – 79	Regular
45 – 64	Malo
0 – 44	Pésimo

- Una vez calculado el índice de calidad, se realiza la comparación de los índices de las dos fuentes hídricas bajo estudio. El propósito de esta comparación es identificar posibles disminuciones significativas en el índice de calidad en la fuente que podría verse afectada por la influencia de la unidad minera, en contraposición al manantial natural sin intervención. Este análisis revela la influencia de la unidad minera en la calidad del agua en la zona de estudio.
- Para determinar si existe una diferencia significativa entre las propiedades fisicoquímicas del canal Azufre Quecher (CAQ-1) y el canal Azufre Quecher Descarga (CAQD-1), se utiliza el análisis de varianza (ANOVA). Esta metodología permite comparar las medias de los parámetros evaluados en ambos canales y verificar la significancia de las diferencias observadas entre ellos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Propiedades fisicoquímicas del canal Azufre Quecher con código CAQ-1

La tabla 8 muestra los resultados de los monitoreos del canal sin influencia minera (CAQ-1), en el cual se observa el valor mínimo, máximo y promedio registrados.

Tabla 8

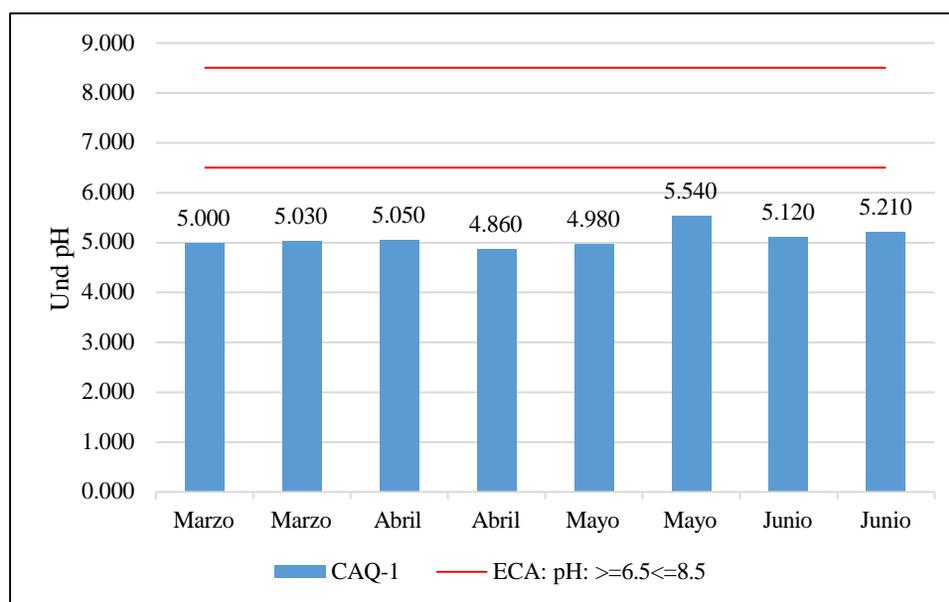
Propiedades físicas y químicas del canal Azufre Quecher con código CAQ-1

Parámetros		Unidad de medida	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio
Química física	Caudal	L/seg	16	19	17.91875
	pH	und pH	4.86	5.54	5.09875
	Temperatura	°C	9.4	12	10.32
	oxígeno disuelto	mg/L	3.91	4.07	3.96625
Química orgánica	DBO ₅	mg/L	3.31	5.31	3.9025
	DQO	mg/L	10.78	28.6	18.6175
Química inorgánica	Arsénico	mg/L	<LCM(0.0230)	<LCM(0.0230)	<LCM(0.0230)
	Aluminio	mg/L	0.664	0.696	0.678125
	Manganeso	mg/L	0.009	0.013	0.011125
	Hierro	mg/L	0.024	0.0254	0.0246875
	Cobalto	mg/L	0.011	0.024	0.01625
	Cadmio	mg/L	<LCM(0.0020)	<LCM(0.0020)	<LCM(0.0020)
	Plomo	mg/L	<LCM(0.0040)	<LCM(0.0040)	<LCM(0.0040)
	Boro	mg/L	<LCM(0.0260)	<LCM(0.0260)	<LCM(0.0260)
	Cobre	mg/L	<LCM(0.0180)	<LCM(0.0180)	<LCM(0.0180)

Nota: LCM= Límite de cuantificación del método en el laboratorio

Figura 5

Potencial de hidrogeno en el CAQ-1

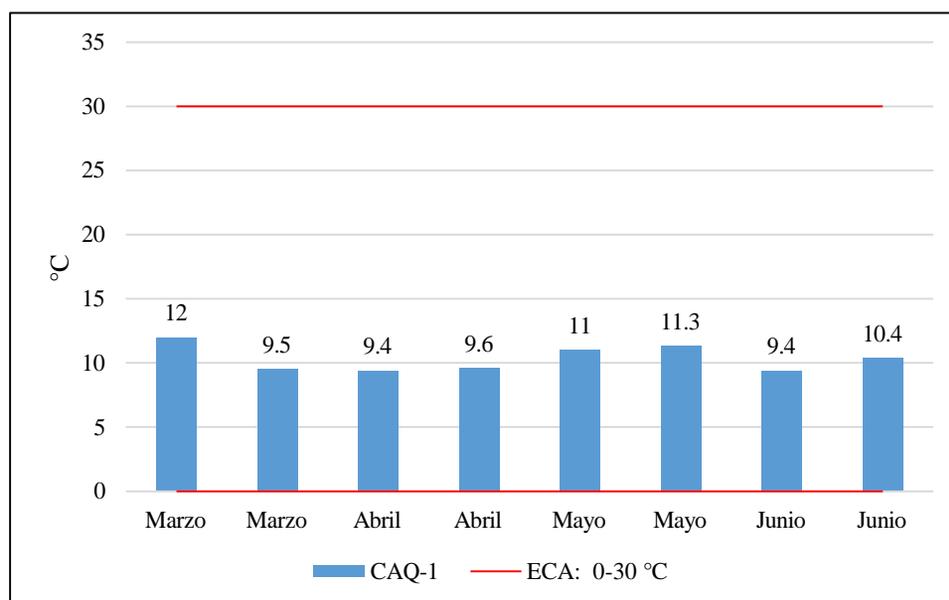


La figura 5, muestra los valores del CAQ-1 de pH registrados entre marzo y junio (4,86–5,54; media $\approx 5,17$) se ubican fuera del inérvalo del ECA de 6.5–8.5, indicando un ambiente netamente ácido; este pH ácido está vinculado a la litología de la cuenca: la alternancia de calizas masivas y margas de las Formaciones Pariatambo y Yumagual que en principio aportan capacidad tampón se ve contrarrestada por la presencia de piroclastos y tobas de la Formación Huambos, de baja alcalinidad, y por depósitos coluviales-cuaternarios que liberan iones ácidos durante tormentas intensas (Quispe Mamani, 2015, p. 69). Fernández y Guardado (2021) reportaron en tramos sin influencia antropogénica pH estables entre 7,0 y 9,0, lo que refuerza la hipótesis de que los valores ácidos en CAQ- 1 podrían originarse tanto en aportes externos de escorrentía contaminada como en la heterogeneidad textural del sustrato (Formación Huambos).

Desde el punto de vista ecológico, Tripole et al. (2008) encontraron que $\text{pH} \leq 5,5$ reduce drásticamente la diversidad y abundancia de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, desplazando la comunidad hacia taxones tolerantes, debido que a estos grados se induce estrés osmótico y enzimático en macroinvertebrados bentónicos. Aunque el pH en sí mismo no es directamente tóxico para humanos, su valor ácido incrementa la corrosión de tuberías y disminuye la eficacia del cloro en la desinfección, lo que puede elevar la concentración de metales leachados (Pb, Cu) y la supervivencia de patógenos como *Cryptosporidium* (WHO, 2007).

Figura 6

Temperatura en el CAQ-1

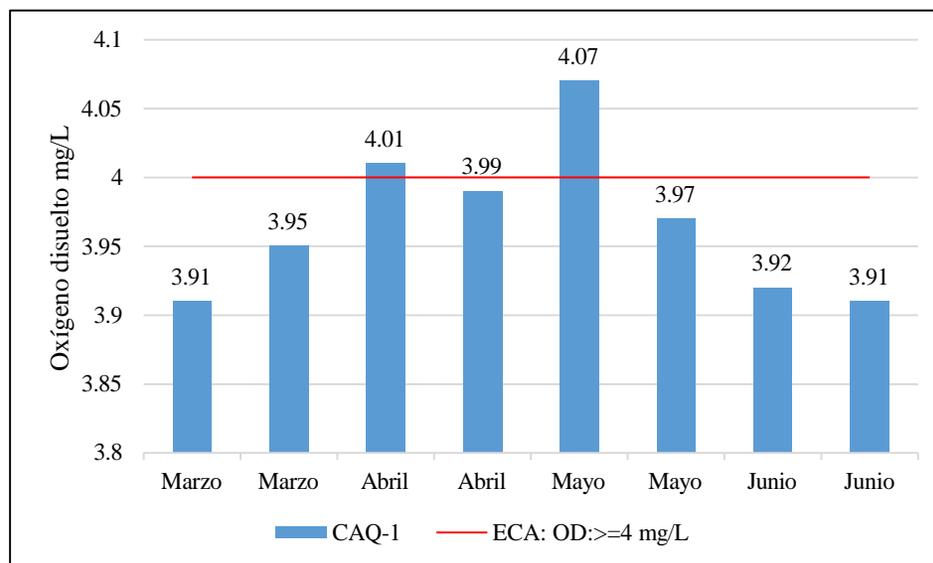


La figura 6 muestra que la temperatura en CAQ- 1 varió de 9,4 °C (abril) a 12 °C (marzo), con un promedio de 10,32 °C, evidenciando una estabilidad térmica que refleja condiciones climáticas constantes en la cuenca (Gomes & Rojas, 2014; Cacsire & Valencia, 2021; Olivera Chura, 2019). Este rango de temperatura se encuentra

dentro del valor máximo de 30 °C tal como lo exige el ECA (Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales) para proteger la vida acuática, por lo que CAQ- 1 cumple con el estándar ECA de variación térmica. Desde el punto de vista ecológico, temperaturas entre 5 °C y 15 °C favorecen la solubilidad del oxígeno disuelto y promueven el desarrollo de especies de macroinvertebrados fríos, tales como Ephemeroptera y Plecoptera, cuya riqueza y abundancia aumentan con aguas más frías y estables (Hassan et al., 2022). Por otra parte, la ausencia de picos térmicos limita la proliferación acelerada de algas potencialmente nocivas y mantiene procesos enzimáticos de descomposición de materia orgánica en equilibrio, reduciendo el riesgo de hipoxia estacional (EPA, 2003). Para la salud humana, aunque el rango de 9,4–12 °C no influye directamente en la potabilidad, contribuye a mantener concentraciones óptimas de cloro residual y minimiza la proliferación de patógenos termófilos, garantizando seguridad en el suministro para riego y consumo animal (WHO, 2011).

Figura 7

Concentración de oxígeno disuelto en el CAQ-1



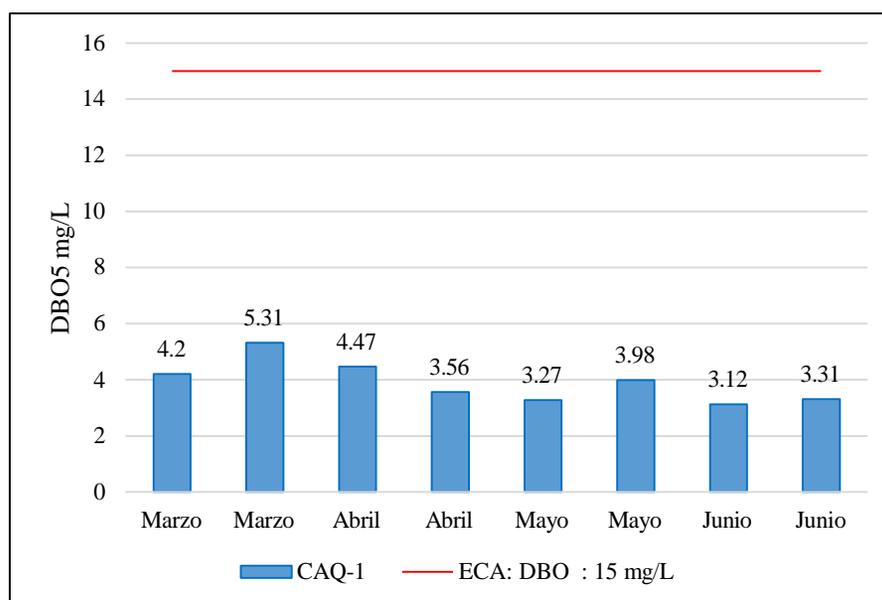
En la figura 7 se muestra que en el punto CAQ- 1, las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) oscilaron entre 3,91 mg/L y 4,07 mg/L (media \approx 3,97 mg/L), permaneciendo sistemáticamente por debajo del umbral crítico de 4 mg/L considerado mínimo para la protección de la biota acuática en el ECA; este déficit de OD se explica principalmente por la elevada carga de materia orgánica transportada desde cultivos y potreros y por la demanda de oxígeno en sedimentos (Parr & Mason, 2004), así como por impactos difusos derivados de la escorrentía agrícola y descargas puntuales de aguas residuales (Bozorg et al., 2021). La descomposición microbiana de compuestos orgánicos potenciada por temperaturas estables de 9,4–12 °C que aumentan la tasa metabólica acelera el consumo de oxígeno disuelto, indicando que temperatura y contaminantes actúan conjuntamente en la depleción de OD (Ma et al., 2024). Ecológicamente, concentraciones de OD < 5 mg/L reducen la supervivencia y el crecimiento de macroinvertebrados sensibles (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), favoreciendo el dominio de taxones tolerantes y alterando la estructura trófica (Munyai et al., 2025).

En ambientes hipereutróficos, OD \leq 4 mg/L desencadena episodios de hipoxia que conducen a la mortalidad masiva de bentos (Munasinghe et al., 2021), además, la presencia de bajos niveles de OD facilita la proliferación de bacterias anaerobias y microaerófilas potenciales patógenos e incluso fecales al disminuir la competencia por el oxígeno (Roslev et al., 2015)

Desde la perspectiva de la salud pública, OD bajo indica elevada carga orgánica y posible ineficiencia en los procesos de desinfección, aumentando el riesgo de transmisión de enfermedades hídricas (Mazhar et al., 2024)

Figura 8

Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno en el CAQ-1

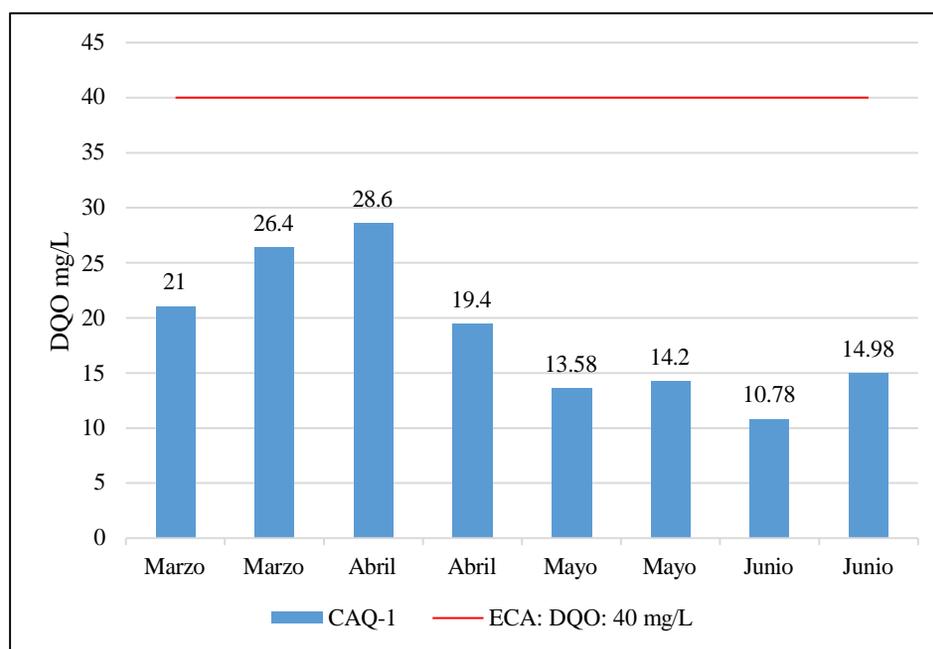


La figura 8 muestra que en el canal CAQ- 1, la DBO₅ osciló entre 3,12 mg/L y 5,31 mg/L (media \approx 3,90 mg/L), niveles que señalan contaminación orgánica moderada según los rangos de 2–8 mg/L, inferior a los 15mg/L mencionado en el ECA, Gomes y Rojas (2014) reportaron una DBO₅ de 5 mg/L en efluentes agrícolas tratados, coincidiendo con el máximo observado en CAQ- 1; en contraste, Cacsire y Valencia (2021) encontraron valores inferiores a 2 mg/L en tramos sin influencia antropogénica, y Bedregal et al. (2010) registraron DBO₅ prácticamente nula en zonas prístinas, subrayando la contribución de descargas orgánicas en este canal . Ecológicamente, DBO₅ > 3 mg/L acelera la depleción de oxígeno disuelto y puede inducir hipoxia que afecta la respiración y reproducción de peces y macroinvertebrados bentónicos, alterando la estructura trófica (Karungamy et al., 2023). Desde la perspectiva sanitaria, una DBO₅ elevada es un indicador de elevada carga

orgánica y posible proliferación de patógenos, lo que dificulta la desinfección y aumenta riesgos para la salud.

Figura 9

Concentración de la demanda química de oxígeno en el CAQ-1

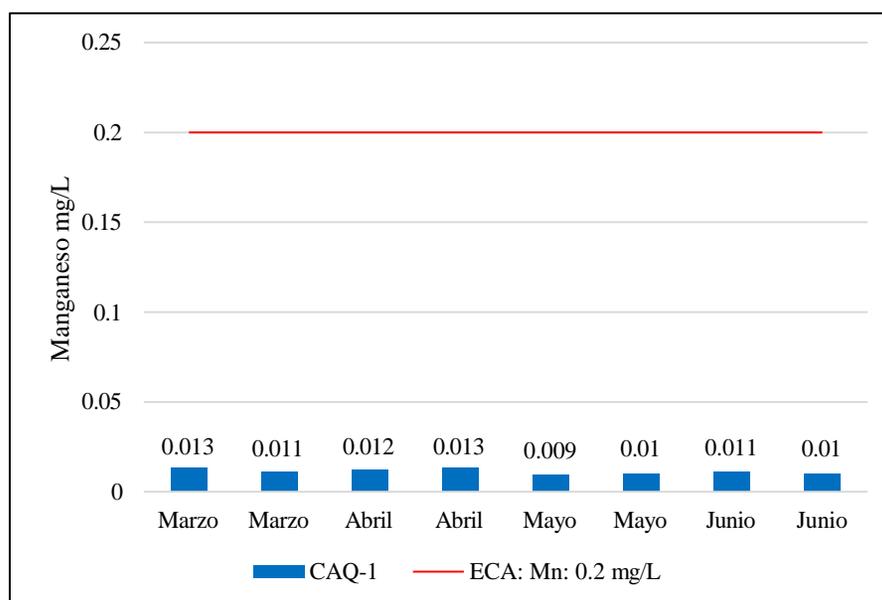


En la figura 9 muestra la concentración de la DQO en el canal CAQ-1, osciló entre 10,78 mg/L y 28,60 mg/L (media \approx 18,62 mg/L), lo que indica una carga de materia orgánica e inorgánica de moderada, inferior a los 40 mg/L mencionado en el ECA; estos valores reflejan la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos recalcitrantes como fenoles y aceites cuya oxidación química demanda más oxígeno que la fracción biodegradable (Ntanzi, 2020). Ecológicamente, $DQO > 15$ mg/L se asocia con reducciones significativas en la riqueza y abundancia de macroinvertebrados sensibles, favoreciendo taxones tolerantes y alterando la estructura trófica (Ma et al., 2024), la DQO sirve como indicador de carga orgánica que puede dificultar los procesos de desinfección y promover

la formación de subproductos de desinfección (DBPs) con potencial carcinogénico (Albolafio et al. 2022).

Figura 10

Concentración de manganeso en el CAQ-1

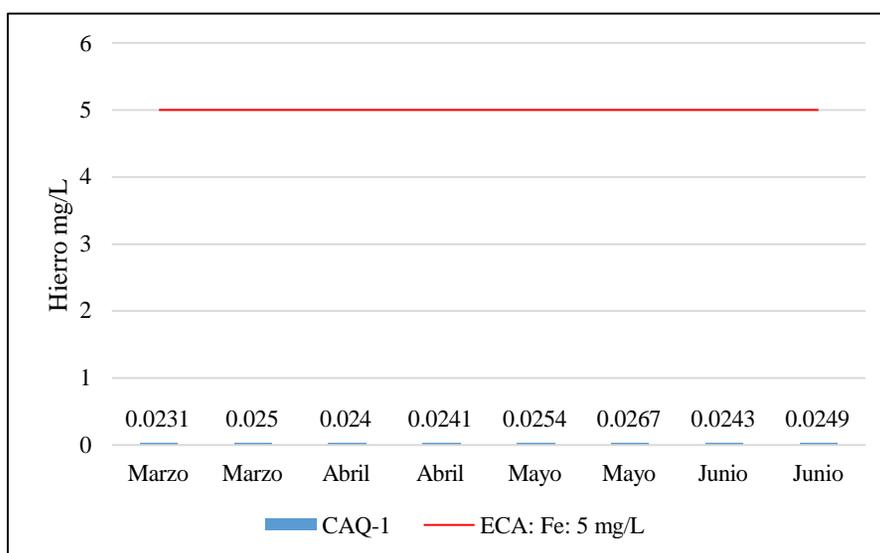


En la figura 10 se muestra las concentraciones de manganeso en el CAQ-1, Las concentraciones de manganeso en CAQ- 1 variaron entre 0,009 mg/L y 0,013 mg/L (promedio \approx 0,011 mg/L), muy por debajo del límite de 0,2 mg/L establecido por los ECAs. Este metal se origina en la lixiviación de depósitos piroclásticos ácidos (Formación Huambos) y en la disolución de minerales Mn- ricos contenidos en los sedimentos coluviales- aluviales, especialmente durante eventos de alta precipitación que liberan iones desde arcillas y gravas (Quispe Mamani, 2015). López et al. (2021) encontró niveles de manganeso entre 0.039 mg/L y 0.098 mg/L atribuyó a la geología de la zona. Ecológicamente, concentraciones de Mn > 0,05 mg/L han demostrado inducir neurotoxicidad y disminuir la capacidad de nado en zooplancton y peces juveniles, además

de afectar sistemas de defensa antioxidante en especies acuáticas (Wang et al., 2022). Para la salud humana, la exposición crónica a niveles elevados de Mn en agua potable se asocia con déficits neurocognitivos en niños (Hinkle et al., 2024); sin embargo, los valores observados en CAQ- 1 no alcanzan umbrales de preocupación, lo que concuerda con su condición de punto sin influencia minera.

Figura 11

Concentración de hierro en el CAQ-1

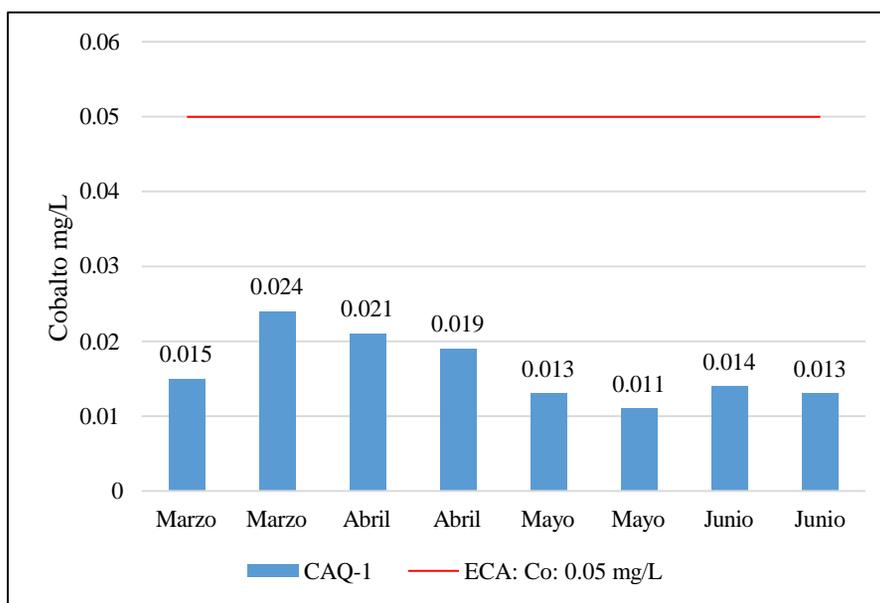


En la figura 11 se muestra las concentraciones de fierro en el CAQ-1, el hierro mostró concentraciones entre 0,0231 mg/L y 0,0267 mg/L (media \approx 0,0249 mg/L), muy por debajo del criterio de 5 mg/L en el ECA, La fuente principal es la disolución de óxidos de Fe en rocas calcáreas (Formaciones Pariatambo y Yumagual) y la oxidación de minerales ferrosos en la cubierta piroclástica, liberando Fe^{2+} que se oxida a Fe^{3+} en contacto con el agua (Quispe Mamani, 2015). López et al. (2021) encontró niveles de hierro entre 0.594 mg/L y 4.201 mg/L atribuyó a la geología de la zona. A niveles > 1 mg/L, el Fe precipita como hidróxidos que pueden asfixiar hábitats bentónicos y reducir la disponibilidad de

refugio y alimento para macroinvertebrados (Van et al., 1998), pese a su baja toxicidad directa para el ser humano, concentraciones elevadas de Fe pueden generar depósitos de “yellow boy” que obstruyen sistemas de distribución y actúan como vectores de metales traza (Hedin et al., 2002).

Figura 12

Concentración de cobalto en el CAQ-1

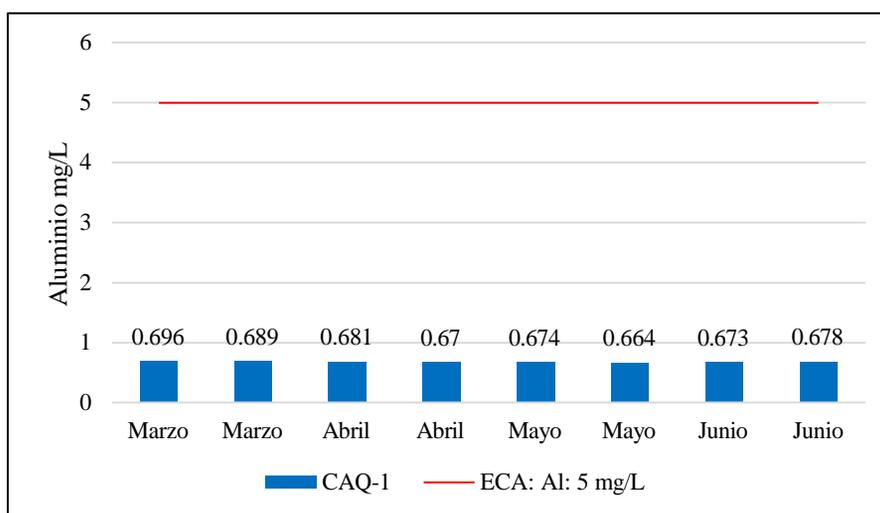


La figura 12 muestra la concentración de cobalto presente en el CAQ-1, el cobalto osciló entre 0,011 mg/L y 0,024 mg/L (media \approx 0,017 mg/L), por debajo del límite de 0,05 mg/L del ECA Este elemento proviene de la meteorización de piroclastos ricos en cobalto y de complejos Co- organometálicos liberados en los depósitos aluviales (Quispe Mamani, 2015). estudios de toxicidad aguda indican que concentraciones \geq 90 mg/L generan mortalidad en peces tras 96 h de exposición (Diamond et al., 1992), por lo que los valores de CAQ- 1 no conllevan riesgo ecológico inmediato. En humanos, la

exposición a Co en agua potable rara vez alcanza niveles tóxicos, si bien ingestas prolongadas $> 0,05$ mg/L pueden ocasionar efectos cardiacos y tiroideos (ATSDR, 2023).

Figura 13

Concentración de aluminio en el CAQ-1



En la figura 13 se muestra la concentración del aluminio en el CAQ-1, las concentraciones de aluminio fluctuaron entre 0,664 mg/L y 0,696 mg/L (media $\approx 0,678$ mg/L), por debajo del límite de 5 mg/L mencionado en el ECA, la alta reactividad del carbonato de calcio en las Formaciones Pariatambo y Yumagual propicia la liberación de Al^{3+} en condiciones de pH ligeramente ácido, intensificada por descargas de escorrentía ácida que movilizan Al de sedimentos coluviales (Quispe Mamani, 2015). Ecológicamente, Al en concentraciones $> 0,1$ mg/L altera la función enzimática y provoca cambios histológicos en tejidos branquiales y neurales de peces, comprometiendo la supervivencia de estadios larvales (PMC, 2023), En consumo humano, aunque el Al no es esencial, niveles elevados se han relacionado con trastornos neurocognitivos en poblaciones vulnerables (García et al., 2025).

4.2. Propiedades fisicoquímicas del canal Azufre Quecher descarga con código CAQD-1.

La tabla 9 muestra los resultados de los monitoreos del canal con influencia minera (CAQ-1), en el cual se observa el valor mínimo, máximo y promedio registrados.

Tabla 9

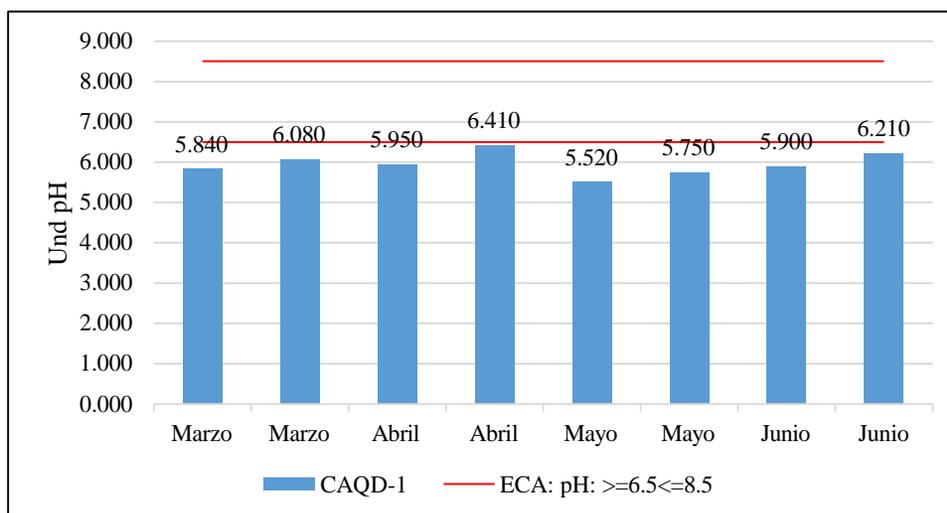
Propiedades físicas y químicas del canal Azufre Quecher con código CAQD-1

	Parámetros	Unidad de medida	Valor mínimo	Valor máximo	promedio
Química física	Caudal	L/seg	15	20.01	17.87625
	pH	und pH	5.52	6.21	5.9575
	Temperatura	°C	10	12	11.05
	Oxígeno disuelto	mg/L	3.91	3.98	3.95
Química orgánica	DBO ₅	mg/L	5.01	9.45	7.065
	DQO	mg/L	19.34	33.01	25.0137
Química inorgánica	Arsénico	mg/L	<LCM(0.0230)	<LCM(0.0230)	<LCM(0.0230)
	Aluminio	mg/L	0.971	1.21	1.018
	Manganeso	mg/L	0.228	0.254	0.244625
	Hierro	mg/L	0.0242	0.0286	0.0267375
	Cobalto	mg/L	0.041	0.067	0.0568875
	Cadmio	mg/L	<LCM(0.0020)	<LCM(0.0020)	<LCM(0.0020)
	Plomo	mg/L	<LCM(0.0040)	<LCM(0.0040)	<LCM(0.0040)
	Boro	mg/L	1.41	1.62	1.53
	Cobre	mg/L	0.244	0.271	0.257125

Nota: LCM= Límite de cuantificación del método en el laboratorio

Figura 14

Potencial de hidrógeno en el CAQD-1



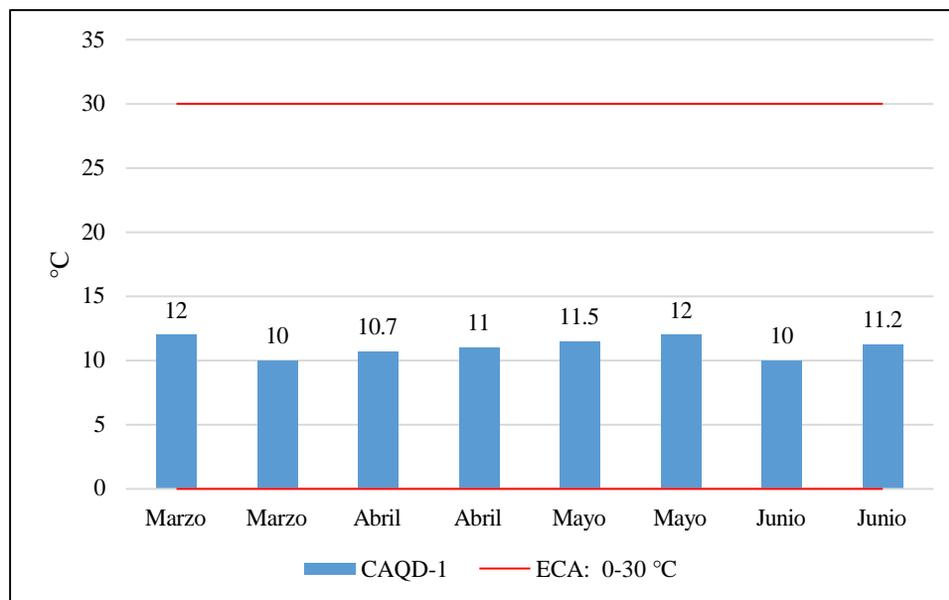
La figura 14, muestra que en el punto CAQD- 1, el pH fluctuó entre 5,52 (mayo) y 6,41 (abril), con un promedio de 5,96, evidenciando una acidez típica de efluentes mineros que supera en persistencia a los rangos establecidos en los ECAs, además de encontrarse por debajo del límite mínimo establecido en el DS N° 010-2010-MINAM para efluentes minero-metalúrgicos que establece un rango de pH entre 6-9 tanto para cualquier momento como para el promedio anual, esta acidez se origina principalmente en la oxidación de sulfuros expuestos particularmente piritita durante las operaciones de extracción, que genera ácido sulfúrico y moviliza metales traza al agua (Akcil & Koldas, 2006), Gomes y Rojas (2014) documentaron que la adición de cal y sales neutralizantes en efluentes de procesamiento puede elevar temporalmente el pH a valores alcalinos (7.15), pero aumenta la conductividad y reduce la capacidad tampón residual, explicando por qué en CAQD- 1 no se mantiene un pH estable por encima de 6.5.

Cacsire y Valencia (2021) observaron pH de 8,0–8,3 en descargas mineras tratadas con mayores dosis de cal, mientras que Bedregal et al. (2010) hallaron valores más bajos (6,58) en puntos aguas abajo de vertidos sin tratamiento, alineándose con los 5,96 de CAQD-1 y corroborando la influencia de prácticas de neutralización incompletas, Castillo Ticllacuri (2014) y Olivera Chura (2019) reportaron rangos de 7,96–9,86 en efluentes sometidos a procesos secundarios de ajuste de pH y a la alta alcalinidad de calizas locales, lo que contrasta con la acidez mantenida en este estudio del canal pese al sustrato calcáreo (Quispe Mamani, 2015, p. 69). Ecológicamente, $\text{pH} < 6,0$ favorece la solubilidad de Al y Fe, provocando toxicidad en invertebrados bentónicos y alterando la cadena trófica (Córdoba et al., 2021); para la salud humana, la OMS (2011) advierte que

aguas ácidas reducen la eficacia del cloro y corroen tuberías, elevando el riesgo de liberación de metales neurotóxicos.

Figura 15

Temperatura en el CAQD-1

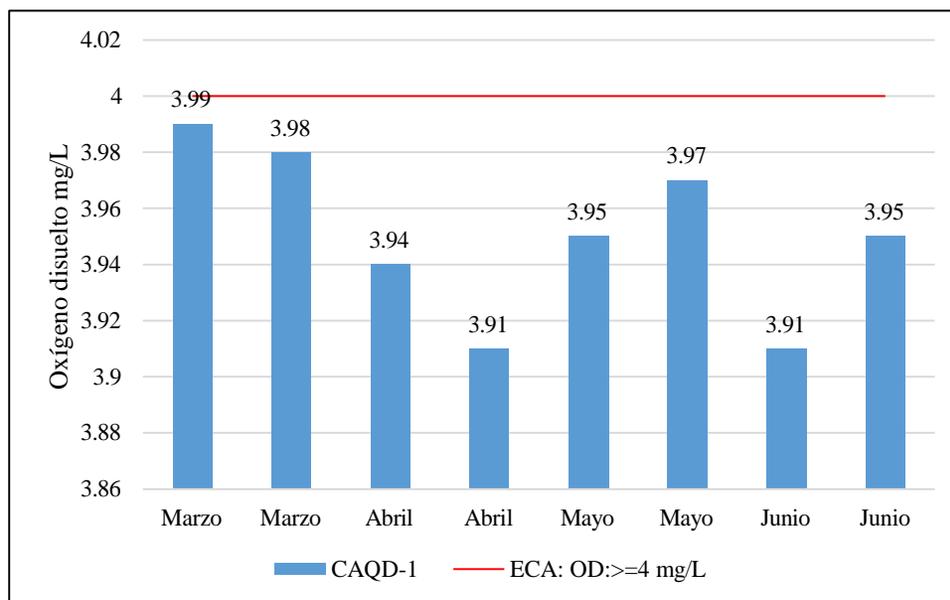


En la figura 15, en el punto CAQD- 1, la temperatura osciló entre 10 °C (marzo/junio) y 12 °C (marzo/mayo), con un promedio de 11,05 °C, situándose en el extremo inferior respecto a los 25 °C reportados por Gomes y Rojas (2014) en efluentes mineros tratados con cal, pero muy cercano al rango de 10,5–11,1 °C descrito por Cacsire y Valencia (2021) en puntos con mínima influencia antrópica. Castillo Tiellacuri (2014) y Olivera Chura (2019) documentaron valores máximos de hasta 18 °C en descargas mineras sin tratamiento completo, atribuyendo este calentamiento a la pérdida de cobertura vegetal y al aporte de aguas de proceso térmicamente elevadas, lo cual subraya que el CAQD- 1, a pesar de recibir efluentes, exhibe una menor alteración térmica. Según Caissie (2006), variaciones térmicas fuera del rango natural (5–15 °C) afectan la solubilidad del oxígeno disuelto y modifican la distribución de especies acuáticas, incrementando la demanda

metabólica y reduciendo el hábitat óptimo para macroinvertebrados fríos. La U.S. EPA establece que desviaciones superiores a 3 °C del valor natural pueden considerarse una forma de contaminación térmica; dado que el CAQD- 1 presenta una variación máxima de 2 °C respecto a la media regional, cumple con los criterios de calidad ambiental para temperatura, ecológicamente, la estabilidad térmica observada limita los episodios de desoxigenación estacional y, desde el punto de vista sanitario, favorece la eficacia de la desinfección química, ya que temperaturas ≤ 12 °C mantienen concentraciones adecuadas de cloro residual y restringen la proliferación de patógenos termófilos (EPA, 2003).

Figura 16

Concentración de oxígeno disuelto en CAQD-1

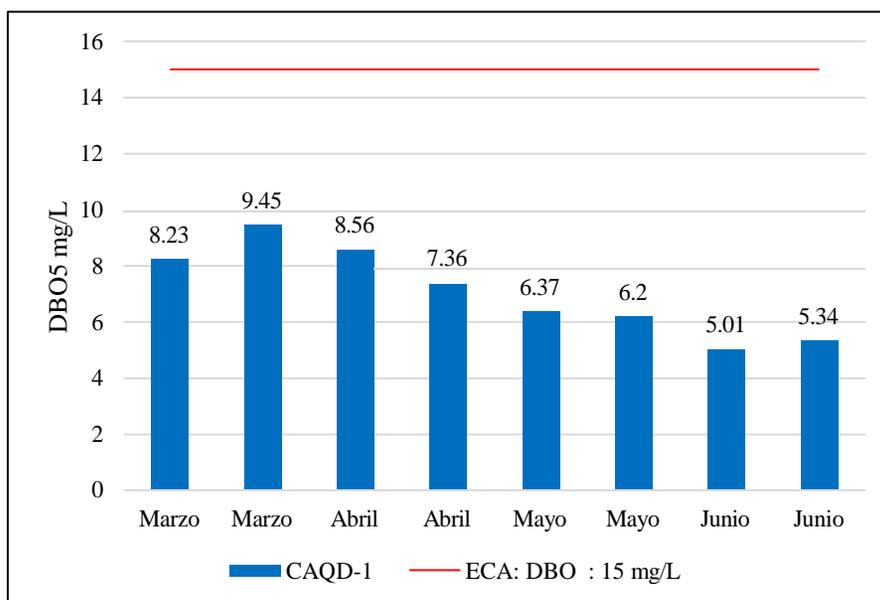


En la figura 16 se observa que en el punto CAQD- 1, las concentraciones de oxígeno disuelto oscilaron entre 3,91 mg/L y 3,99 mg/L (media \approx 3,95 mg/L), permaneciendo por debajo del umbral mínimo de 4 mg/L mencionado en el ECA. Este déficit se origina en gran medida por la oxidación de sulfuros metálicos particularmente pirita atalizada por bacterias acidófilas como *Thiobacillus ferrooxidans*, que consume

oxígeno disuelto durante la generación de ácido sulfúrico (Jennings et al., 2008), así como por la alta demanda de oxígeno en sedimentos con materia orgánica y metales (Hughes & Gray, 2012); Ecológicamente, niveles de OD < 4 mg/L provocan episodios de hipoxia que reducen drásticamente la riqueza y abundancia de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, desplazando la comunidad hacia taxones más tolerantes (Munasinghe et al., 2021), asimismo, la baja disponibilidad de oxígeno favorece el establecimiento de bacterias anaerobias y microaerófilas, elevando el riesgo de proliferación de patógenos en sistemas de suministro de agua (Roslev et al., 2015).

Figura 17

Demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno en el CAQD-1

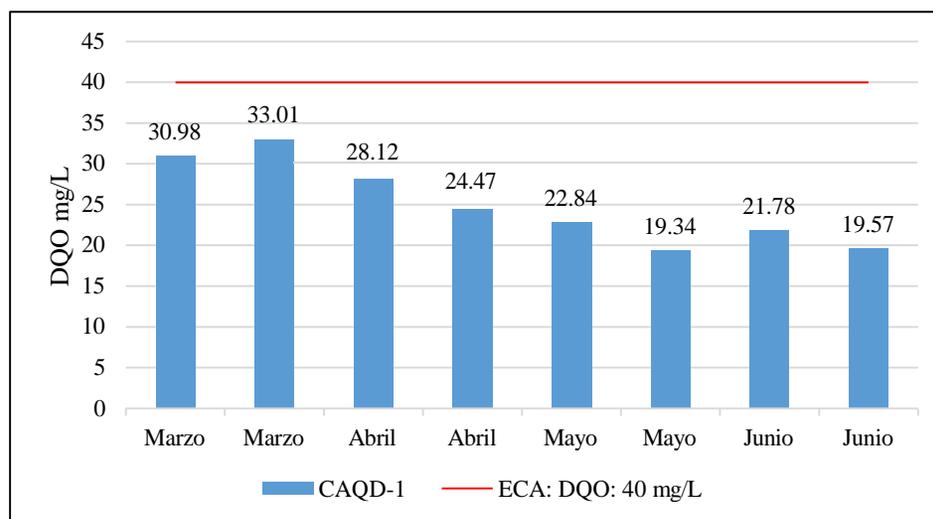


La figura 17 muestra la concentración de DBO₅ en el canal CAQD-1, la DBO₅ osciló entre 5,01 mg/L y 9,45 mg/L (media ≈ 7,07 mg/L), manteniéndose muy por debajo del límite de 15 mg/L establecido por los ECAs, Estos valores indican una carga moderada de materia orgánica biodegradable, compatible con influencias de descargas mineras y de escorrentía agrícola, pero sin alcanzar niveles críticos de contaminación donde DBO₅

> 10 mg/L suele asociarse a hipoxia recurrente y pérdida de biodiversidad en sistemas fluviales (EPA, 2015), Gomes y Rojas (2014) reportaron DBO_5 de 8 mg/L en efluentes agrícolas tratados, en línea con los picos observados en CAQD- 1, mientras que Cacsire y Valencia (2021) encontraron $\text{DBO}_5 < 2$ mg/L en puntos no impactados, lo que resalta la contribución orgánica del área minera. Ecológicamente, $\text{DBO}_5 > 6$ mg/L acelera la depleción de oxígeno disuelto y el estrés en peces y macroinvertebrados (Rolston et al., 2019), y en salud humana actúa como indicador de posibles patógenos asociados a materia orgánica en descomposición, lo que puede dificultar la desinfección y elevar riesgos de enfermedades hídricas (World Health Organization, 2017).

Figura 18

Demanda química de oxígeno en el CAQD-1



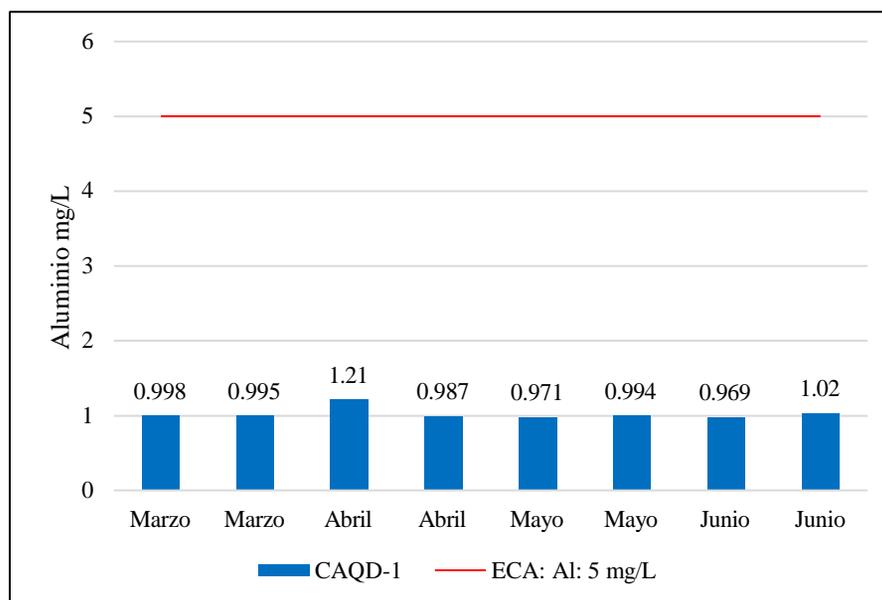
En la figura 18 se muestra la concentraciones de DQO en el canal CAQD-1, varió de 13,58 mg/L a 28,60 mg/L (media $\approx 21,01$ mg/L), permaneciendo por debajo del umbral de 40 mg/L establecido en los ECAs, estos valores reflejan la presencia de compuestos orgánicos no biodegradables y metales traza provenientes de procesos de lixiviación ácida y descargas mineras parciales, pero dentro de un rango considerado “moderado”, donde

DQO entre 10 mg/L y 50 mg/L indica contaminación orgánica e inorgánica de mediana persistencia (Lacalamita et al., 2024), Gomes y Rojas (2014) registraron DQO de hasta 618 mg/L en efluentes sin tratamiento, contrastando con los niveles observados en CAQD- 1 y subrayando la efectividad parcial de la neutralización con cal.

Ecológicamente, DQO > 20 mg/L puede comprometer la capacidad de autodepuración del río y favorecer floraciones algales nocivas (Wetzel, 2001), mientras que para la salud humana la DQO sirve como proxy de compuestos tóxicos persistentes que, aunque no tóxicos per se, pueden formar subproductos de desinfección nocivos en las plantas de tratamiento (Richardson et al., 2007).

Figura 19

Concentración de aluminio en el CAQD-1

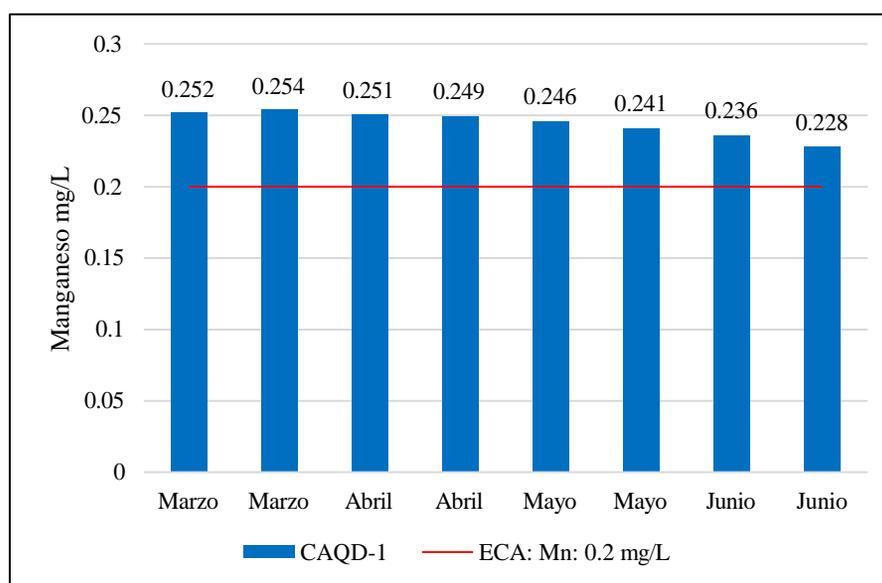


La figura 19 muestra que el aluminio registró concentraciones entre 0,971 mg/L y 1,21 mg/L (media \approx 1,018 mg/L), superando ampliamente el valor de referencia de 0,05 mg/L reportado por Cacsire y Valencia (2021) y acercándose al umbral máximo de 5 mg/L establecido en los ECAs para uso agrícola y consumo animal; Olivera Chura

(2019) documentó anteriormente concentraciones de 0,01–0,052 mg/L antes del contacto con relaves, mientras que Castillo Ticllacuri (2014) halló un rango más amplio de 0,138–5,311 mg/L y López et al. (2021) reportaron valores de 2,156–13,691 mg/L en zonas mineras, confirmando que la lixiviación ácida de sulfuros en los relaves y la disolución de carbonatos ácidos intensifican la liberación de Al^{3+} ; ecológicamente, concentraciones $\geq 0,1$ mg/L precipitan hidróxidos de aluminio que obstruyen branquias de peces y macroinvertebrados, alteran el intercambio iónico y provocan estrés respiratorio (Raddum et al., 1988), y en salud humana, niveles de Al $> 0,2$ mg/L se han vinculado con alteraciones neurocognitivas, además de interferir con procesos de coagulación y desinfección, favoreciendo la formación de subproductos de desinfección potencialmente neurotóxicos (Richardson et al., 2007); por tanto, se recomienda implementar neutralización con carbonato de calcio y sistemas de intercambio iónico o zeolita, junto con monitoreo continuo del pH y Al disuelto para mitigar estos efectos..

Figura 20

Concentración de manganeso en el CAQD-1

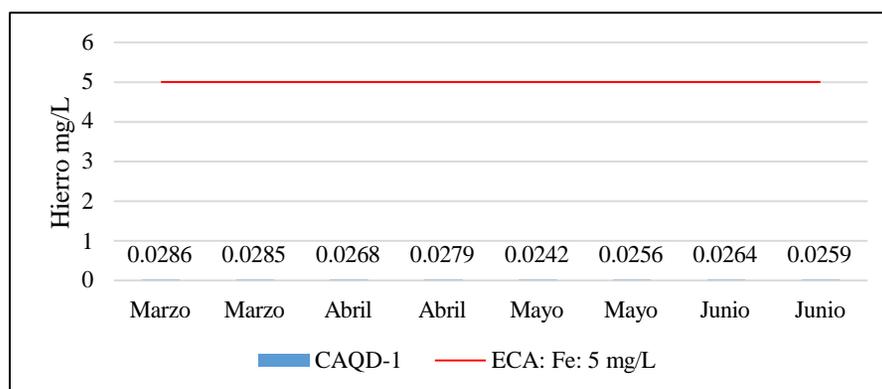


La figura 20 muestra as concentraciones de manganeso oscilaron entre 0,228 mg/L y 0,254 mg/L (media \approx 0,245 mg/L), superando el límite de 0,2 mg/L establecido en los ECAs, Este exceso se debe principalmente a la lixiviación de sulfuros y silicatos de Mn en relaves mineros bajo condiciones ácidas, proceso que aumenta la concentración de Mn^{2+} en el agua (Werner et al., 1982), Olivera Chura (2019) reportó previamente valores de 0,002– 0,426 mg/L asociados a zonas hidrotermales y relaves, mientras que Castillo Ticllacuri (2014) documentó un rango de 0,013–0,914 mg/L y Bedregal et al. (2010) hallaron niveles de 1,96–18,25 mg/L en áreas de impacto minero, todos reflejando la variabilidad ligada a la intensidad minera. Cacsire y Valencia (2021) observaron 0,156 mg/L en puntos de descarga y 0,008–0,038 mg/L en ubicaciones remotas, indicando que solo en CAQD-1 se excede consistentemente la norma. Ecológicamente, concentraciones de $Mn > 0,1$ mg/L provocan alteraciones en el comportamiento y la supervivencia de macroinvertebrados y peces juveniles (LC_{50} 1,4 mg/L en anfibios; WHO, 2004), y pueden favorecer proliferaciones de cianobacterias al desplazar comunidades diatomeas (Holmes, 2010).

Para la salud humana, ingestas prolongadas de agua con $Mn > 0,4$ mg/L se asocian con déficits neurocognitivos en escolares (Peters et al., 2010).

Figura 21

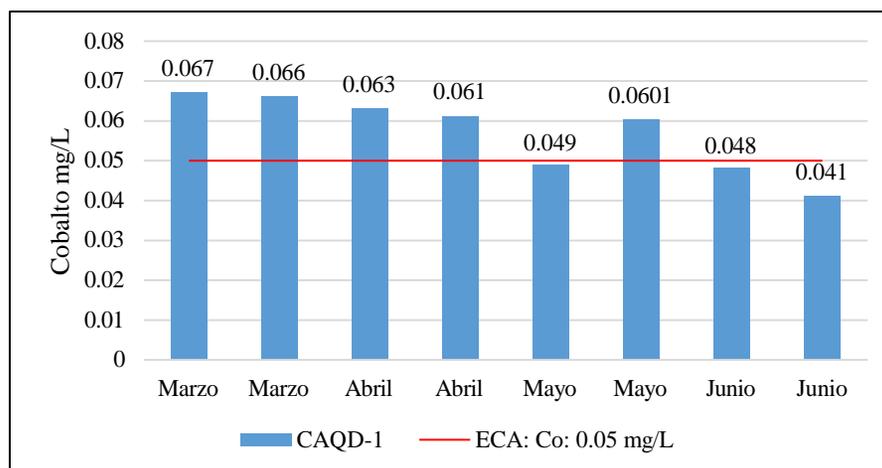
Concentración de hierro en el CAQD-1



La figura 21 muestra que el hierro presentó concentraciones entre 0,0242 mg/L y 0,0286 mg/L (media \approx 0,0267 mg/L), claramente por debajo del límite de 5 mg/L estipulado en los ECAs y muy por debajo del límite máximo permisible para efluentes minero-metalúrgicos de 2 mg/L (cualquier momento) y 1,6 mg/L (promedio anual) establecido en el DS N° 010-2010-MINAM. Estas bajas concentraciones se deben a la dilución y precoagulación de Fe^{2+} en $\text{Fe}(\text{OH})_3$ bajo condiciones de pH neutro-ligeramente ácido, favorecidas por la oxidación de sulfuros y alta alcalinidad de calizas locales (USGS, 1995). Olivera Chura (2019) documentó rangos más amplios (0,0159–2,87 mg/L) en zonas hidrotermales, Castillo Ticllacuri (2014) halló valores entre 0,038-10,86 mg/L, y López et al. (2021) reportaron hasta 29,10 mg/L en áreas de impacto minero, contrastando con la estabilidad del CAQD-1. Ecológicamente, concentraciones de $\text{Fe} < 0,1$ mg/L no causan toxicidad aguda, pero la precipitación de hidróxidos puede alterar hábitats bentónicos (Peters et al., 2011); desde la salud humana, el hierro en estos rangos es considerado contaminante estético sin riesgos toxicológicos directos, aunque niveles $> 0,3$ mg/L generan sabores metálicos (WHO, 2021).

Figura 22

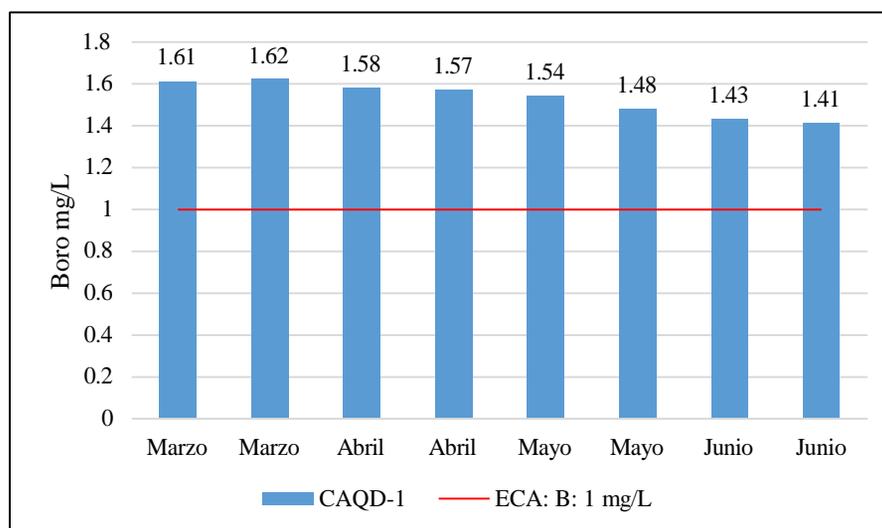
Concentración de cobalto en el CAQD-1



La figura 22 muestra que el cobalto presentó concentraciones entre 0,041 mg/L y 0,067 mg/L (media \approx 0,057 mg/L), muy por encima del umbral de 0,05 mg/L de los ECAs, Quiroz Bringas (2023) en el mismo canal documentó concentración elevada de este maetal en el CAQD-1 y comparable a los picos en zonas de minería a cielo abierto descritos por Fernández y Guardado (2021). Estas elevadas concentraciones se deben a la lixiviación de sulfuros de Co en relaves ácidos y a la esorrentía de desechos minerales, que liberan Co^{2+} al agua. Ecológicamente, $\text{Co} > 0,02$ mg/L inhibe el crecimiento de algas sensibles y altera la estructura trófica al afectar la supervivencia de Daphnia y macroinvertebrados (Biesinger & Christensen, 1972), y crónicamente puede bioacumularse en peces, desplazando metales a niveles superiores en la cadena alimentaria. Para la salud humana, exposiciones prolongadas a $> 0,05$ mg/L se han asociado con efectos cardiacos y tiroideos (ATSDR, 2024). Dada la persistencia de Co por encima del estándar, se recomienda tratamiento de intercambio iónico o precipitación química para reducir su concentración y proteger tanto el ecosistema acuático como la salud pública.

Figura 23

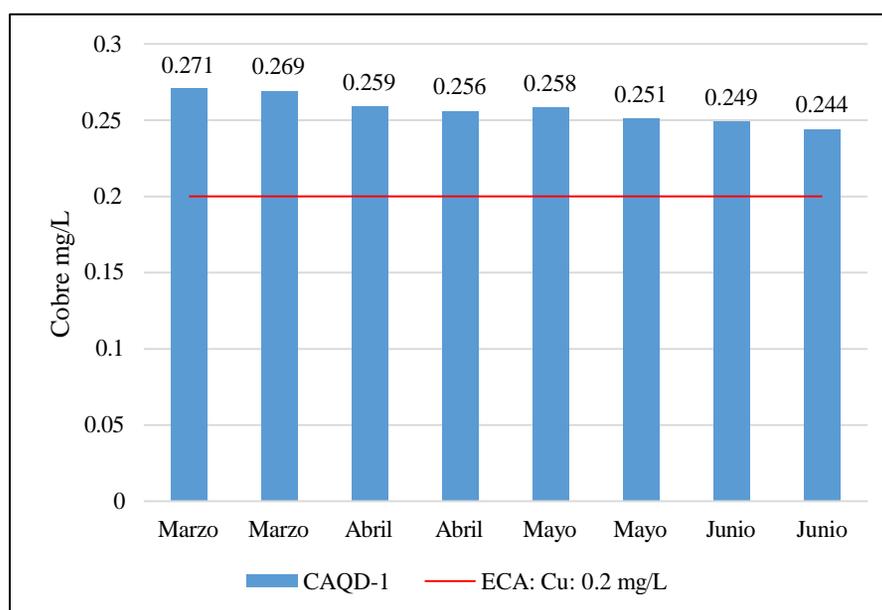
Concentración de boro en el CAQD-1



La figura 23, muestra que el boro registró concentraciones entre 1,41 mg/L y 1,62 mg/L (media \approx 1,53 mg/L), superando el valor guía de 1 mg/L establecido en los ECAs, Quiroz Bringas (2023) en el mismo canal documentó concentración elevada de Boro en el CAQD-1 estas elevadas concentraciones se deben a la lixiviación de minerales boratos en relaves mineros y al aporte de aguas hidrotermales ricas en boro, tal como documentó Olivera Chura (2019) en afloramientos volcánicos, y Cacsire y Valencia (2021) en descargas mineras, ecológicamente, concentraciones de boro > 1 mg/L inducen estrés osmótico y clorosis en macrófitos acuáticos, reduciendo la fotosíntesis y la productividad primaria, y provocan mortalidad en nauplios de crustáceos a niveles ≥ 2 mg/L (Davis et al., 2002); para la salud humana, la ingesta prolongada de agua con boro > 1 mg/L se vincula con efectos reproductivos adversos y disfunción testicular en modelos animales, lo que motivó la EPA a fijar un límite de 1 mg/L para exposición crónica sin efectos nocivos (ATSDR, 2007)

Figura 24

Concentración de cobre en el CAQD-1



La figura 24 muestra que el cobre en el canal CAQD-1 presentó concentraciones entre 0.244 mg/L y 0.271 mg/L, con un promedio de 0.257125 mg/L, superando el ECA de 0.2 mg/L y también excediendo los límites máximos permisibles para efluentes minero-metalúrgicos establecidos en el DS N° 010-2010-MINAM de 0.5 mg/L (cualquier momento) y 0.4 mg/L (promedio anual), ya que el promedio registrado se encuentra próximo al límite anual. Estas concentraciones elevadas se deben a la lixiviación de minerales sulfurados como la calcopirita (CuFeS_2), común en zonas de actividad minera. Durante la exposición a condiciones oxidantes, como soluciones de sulfato férrico, la calcopirita se disuelve, liberando iones de cobre al medio acuático (EPA, 2021). Quiroz Bringas (2023) en el mismo canal documentó concentración elevada de cobre en el CAQD-1. Olivera Chura (2019) registró valores menores, con un mínimo de 0.00099 mg/L, una media de 0.00132 mg/L y un máximo de 0.01607 mg/L, indicando que el Cu tiende a precipitarse en aguas de pH neutro a alcalino, debido a su asociación con minerales sulfurados como la calcopirita. De manera similar, Cacsire y Valencia (2021) reportaron concentraciones de Cu más bajas, con 0.048 mg/L en el punto de descarga y entre 0.001 y 0.004 mg/L en puntos más lejanos. Además, Hernández et al. (2023) documentaron valores más elevados de Cu, con hasta 1.10 mg/L en aguas superficiales durante la temporada seca. En el ecosistema acuático, niveles elevados de cobre son tóxicos para organismos como algas, crustáceos y peces, afectando procesos fisiológicos esenciales y reduciendo la biodiversidad. En la salud humana, la exposición prolongada a concentraciones elevadas de cobre puede causar efectos adversos en el hígado y los riñones.

Análisis estadístico ANOVA entre el CAQ-1 y el CAQD-1, para determinar la variación en la concentración de las propiedades fisicoquímicas de agua

Tabla 10

Análisis estadístico ANOVA entre el CAQ-1 y el CAQD-1

Parámetros	Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
pH CV: 4 %	Inter-grupos	2.94981	1	2.94981	49.718	5.763E-06	4.6001
	Intra-grupos	0.83064	14	0.05933			
	Total	3.78044	15				
Temperatura CV: 8 %	Inter-grupos	2.1025	1	2.1025	2.5607	0.13187	4.60011
	Intra-grupos	11.495	14	0.82107			
	Total	13.5975	15				
Oxígeno disuelto CV: 1 %	Inter-grupos	0.00106	1	0.001056	0.5246	0.480811	4.60011
	Intra-grupos	0.02819	14	0.002013			
	Total	0.02924	15				
NO ₃ ⁻ CV: 23 %	Inter-grupos	40.0056	1	40.005625	25.8390	0.00017	4.6001
	Intra-grupos	21.6758	14	1.54826786			
	Total	61.6814	15				
NO ₂ ⁻ CV: 27 %	Inter-grupos	163.6480	1	163.64805	4.8483	0.04493	4.6001
	Intra-grupos	472.5435	14	33.7531			
	Total	636.1915	15				
Aluminio (Al) CV: 7 %	Inter-grupos	0.462060	1	0.46206006	144.7204	9.058E-09	4.6001
	Intra-grupos	0.044698	14	0.00319278			
	Total	0.506758	15				
Manganeso (Mn) CV: 5 %	Inter-grupos	0.218089	1	0.218089	5239.3754	2.002E-19	4.6001
	Intra-grupos	0.000582	14	4.162E-05			
	Total	0.218671	15				
Hierro CV: 5 %	Inter-grupos	0.000016	1	0.00001681	9.5405	0.00801	4.6001
	Intra-grupos	2.46E-05	14	1.762E-06			
	Total	4.14E-05	15				
Cobalto (Co) CV: 21 %	Inter-grupos	0.006605	1	0.00660563	117.2088	3.464E-08	4.6001
	Intra-grupos	0.000789	14	5.6358E-05			
	Total	0.007394	15				
Boro (B) CV: 7 %	Inter-grupos	9.3636	1	9.3636	2874.7895	1.318E-17	4.6001
	Intra-grupos	0.0456	14	0.00325714			
	Total	9.4092	15				
Cobre (Cu) CV: 5 %	Inter-grupos	0.26445	1	0.26445306	6021.2936	7.578E-20	4.6001
	Intra-grupos	0.00061	14	4.392E-05			
	Total	0.26507	15				

Nota: CV: coeficiente de variabilidad

La tabla 10 muestra los resultados del análisis ANOVA para evaluar las diferencias entre los puntos de muestreo con y sin influencia de los efluentes mineros en distintos parámetros fisicoquímicos del agua:

En cuanto al pH. El análisis ANOVA muestra un valor de $F = 49.718$, el cual es mayor que el valor crítico de $F (4.6001)$, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa entre los puntos de muestreo respecto al pH. Este resultado sugiere que los efluentes mineros han alterado la acidez o alcalinidad del agua. Además, el coeficiente de variación (CV) fue de 4%, lo que evidencia una baja dispersión de los datos y una alta confiabilidad en la media obtenida.

En cuanto a la temperatura. El valor de F obtenido (2.5607) es menor que el F crítico (4.6001), lo que indica que no hay una diferencia significativa entre los puntos de muestreo en cuanto a la temperatura del agua. Esto sugiere que la actividad minera no ha tenido un efecto notable sobre este parámetro. El CV fue de 8%, lo cual refleja una buena homogeneidad de los datos recolectados.

En cuanto al oxígeno disuelto. El valor de $F (0.5246)$ es considerablemente menor al F crítico (4.6001), por lo tanto, no se encontraron diferencias significativas entre los puntos con y sin influencia minera. Esto indica que los efluentes no han afectado la concentración de oxígeno disuelto en el agua. El CV de 1% confirma una excelente homogeneidad y confiabilidad en las mediciones realizadas.

En cuanto a la DBO5 el valor del F calculado (25.839) es superior al F crítico (4.6001), se demuestra que existe una diferencia significativa en los niveles de demanda bioquímica de oxígeno entre los puntos de muestreo. Esta diferencia puede atribuirse al aumento de carga orgánica proveniente de los efluentes mineros. El CV fue de 23%, lo que representa una variabilidad aceptable y datos relativamente homogéneos

En cuanto a la DQO el valor de F (4.8483) supera ligeramente el F crítico (4.6001), indicando una diferencia significativa entre los puntos de muestreo en cuanto a la demanda química de oxígeno. Este parámetro refleja la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos oxidables, probablemente originados por la descarga de efluentes mineros. El CV de 27% sugiere una dispersión moderada de los datos, aunque aún dentro de un rango aceptable para considerar representativa la media.

En cuanto al aluminio el análisis muestra un $F = 144.72$, muy superior al F crítico, lo que confirma una diferencia significativa en la concentración de aluminio entre los puntos. Este metal se incrementa notablemente en el punto influenciado por los efluentes mineros. El CV fue de 7%, lo que indica buena precisión y confiabilidad de los datos.

En cuanto al manganeso el F calculado fue de 5239.3754, el más alto entre todos los parámetros, superando ampliamente el F crítico. Esto evidencia una marcada diferencia en los niveles de manganeso entre los puntos, con un claro aumento asociado a la actividad minera. El CV de 5% señala que los datos presentan una excelente homogeneidad.

En cuanto al hierro. El valor de F (9.5405) supera el F crítico, lo que indica una diferencia significativa en la concentración de hierro entre los puntos muestreados. Esta diferencia puede deberse a la presencia de hierro disuelto proveniente de los efluentes mineros. El CV fue de 5%, reafirmando la confiabilidad de los datos.

En cuanto al cobalto. El F obtenido fue de 117.2088, muy superior al valor crítico, lo que demuestra una diferencia estadísticamente significativa entre los puntos en cuanto a la concentración de cobalto. Este metal es característico de ambientes mineros, lo cual

refuerza la hipótesis del impacto minero en el cuerpo de agua. El CV fue de 21%, dentro del rango aceptable, lo que sugiere buena representatividad de la media.

En caso del boro. El valor de F (2874.7895) indica una gran diferencia entre los puntos de muestreo. Esto evidencia un fuerte impacto de los efluentes mineros en la concentración de boro. El CV de 7% refuerza la confiabilidad de los datos obtenidos, mostrando una baja dispersión.

Y en el caso del cobre. El F calculado de 6021.2936 supera ampliamente el F crítico, lo que señala una diferencia muy significativa entre los puntos de muestreo. Esta alteración está claramente vinculada a la influencia de los efluentes mineros, donde el cobre es uno de los metales más relevantes. El CV fue de 5%, lo que respalda la consistencia de las mediciones.

4.3. Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) de los dos canales.

Para el cálculo del índice de calidad del agua de los recursos hídricos superficiales (ICARHS), se procedió inicialmente a la subdivisión de los parámetros en dos grupos, considerando su naturaleza y relación funcional. El Subíndice 1, correspondiente a la materia orgánica, integró los parámetros de oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno a 5 días (DBO5), los cuales son indicadores clave del nivel de carga orgánica y del grado de contaminación biodegradable e inorgánica presente en el agua. Por otro lado, el Subíndice 2, denominado físico-químico metal, agrupó los parámetros relacionados con la calidad fisicoquímica y la presencia de metales, incluyendo pH, arsénico, aluminio, manganeso, cobre, fierro, cadmio, plomo, boro

y cobalto, cuyo valor del ICARHS del punto fue atribuido por el puntaje crítico o menor. Esta clasificación permitió una evaluación diferenciada pero complementaria del impacto antrópico, especialmente de origen minero.

Tabla 11

Subíndices de calidad ambiental del canal CAQ-1

Items	Subíndices	
	S1	S2
Total, de parámetros a evaluar	3	10
Parámetros que exceden	1	1
Número de datos que excede	6	8
Número de datos total	24	80
Suma normalizada de excedentes	0.00371521	0.02765577
Alcance (F1)	0.33333333	0.1
Frecuencia (F2)	0.25	0.1
Amplitud (F3)	0.37014623	2.69115149
Valor del S1	99.6782146	98.4440734
Calificación ICARHS	Excelente	Excelente

ICARHS = $\min(S_1(\text{Materia orgánica}), S_2(\text{Físico-químico metal}))$, entonces:

ICARHS (CAQ-1) = $\min(99.6782146, 98.4440734)$.

ICARHS (CAQ-1) = 98.4440734, con calificación excelente.

Tabla 12 *Subíndice de calidad ambiental del canal CAQ-1*

Items	Subíndices	
	S1	S2
Total, de parámetros a evaluar	3	10
Parámetros que exceden	1	5
Número de datos que excede	8	37
Número de datos total	24	80
Suma normalizada de excedentes	0.0042362	0.13496169
Alcance (F1)	0.33333333	0.5
Frecuencia (F2)	0.33333333	0.4625
Amplitud (F3)	0.42183284	11.891299
Valor del S1	99.6347655	93.123101
Calificación ICARHS	Excelente	Bueno

ICARHS= $\min ((\text{Materia orgánica}), S_2 (\text{Físico-químico metal}))$, entonces:

ICARHS (CAQD-1) = $\min (99.6782146, 98.4440734)$.

ICARHS (CAQD-1) = 98.4440734, con calificación buena.

La Tabla 11, 12 presenta el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) para los dos canales analizados. El CAQ-1 muestra un valor de ICARHS de 98.4440734, clasificándose como "Excelente", mientras que el CAQD-1 presenta un valor de 93.123101, con una calificación de "Bueno". Comparando con estudios previos, Gomes y Rojas (2014) encontraron que el índice de calidad del agua en áreas afectadas por descargas de aguas residuales sin tratar variaba de media a alta contaminación, con valores muy bajos en áreas cercanas a la descarga minera (24.7 y 24.4), indicando una calidad de agua muy deficiente. Fernández y Guardado (2021) reportaron que, en la parte alta de la cuenca, sin influencia de minería, el índice era aceptable a poco contaminado, pero en los sectores bajos, con influencia minera, los valores variaban de altamente contaminado a muy mala calidad, afectando notablemente durante la temporada de lluvias. López et al. (2021) observaron que el índice en puntos sin influencia minera era de regular a bueno para consumo humano y uso agrícola, mientras que, en puntos con influencia minera, la calidad era pobre a marginal. Cacsire y Valencia (2021) hallaron que cerca de la descarga minera, el índice de calidad era bueno, mientras que, en áreas más alejadas, la calidad mejoraba a excelente, atribuible a la dilución de contaminantes. Castillo Tiellacuri (2014) encontró índices aceptables a buenos en épocas secas y húmedas, con valores entre 71.3 a 87.2. Estos resultados destacan la variabilidad en la calidad del agua relacionada con la influencia minera y los procesos de dilución, confirmando que, la minera está generando influencia negativa en la calidad del agua.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En el canal Azufre Quecher (CAQ-1) las propiedades críticas que no cumple con los valores establecidos por el ECA-III son los parámetros de pH, cuyo promedio es de 5.10 (inferior al valor mínimo de 6.5), y oxígeno disuelto, con 3.97 mg/L (por debajo del mínimo de 4 mg/L). En cambio, los parámetros de temperatura, DBO5, DQO y los metales pesados se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en los ECAs
- En el canal Azufre Quecher Descarga (CAQD-1) las propiedades críticas que no cumple con los valores establecidos por el ECA-III en los parámetros de pH (5.96), oxígeno disuelto (3.95 mg/L), manganeso (0.2446 mg/L), cobalto (0.0568 mg/L), boro (1.53 mg/L) y cobre (0.2671 mg/L), ya que se encuentran fuera de los límites permitidos. En cambio, los parámetros de temperatura, DBO5, DQO, arsénico, aluminio, hierro, cadmio y plomo se mantienen dentro de los valores permisibles según el ECA-III,
- El índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) en el canal Azufre Quecher (CAQ-1) es de 98.4440, clasificándose como "Excelente", mientras

que el canal Azufre Quecher Descarga (CAQD-1) es de 93.1231, con una clasificación de "Bueno".

5.2. Recomendaciones

- Investigar otros índices de calidad del agua específicos para metales pesados, como el HPI (Heavy Metal Pollution Index), MCI (Metal Contamination Index) o MPI (Metal Pollution Index), que proporcionarían una evaluación más precisa de la contaminación metálica en futuras investigaciones.
- Complementar el estudio con análisis de sedimentos del canal para determinar la acumulación de metales pesados y evaluar el potencial de remobilización de contaminantes hacia la columna de agua.
- Realizar estudios de especiación química de los metales para determinar las formas químicas biodisponibles y su toxicidad potencial en el ecosistema acuático.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

- Aduvire, O. (2006). *Drenaje ácido de mina generación y tratamiento*. Instituto Geológico y Minero de España. Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente.
https://info.igme.es/SidPDF/113000/258/113258_0000001.pdf
- Akcil, A., & Koldas, S. (2006). Acid Mine Drainage (AMD): causes, treatment and case studies. *Journal of Cleaner Production*, 14(12-13), 1139-1145.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652605000600>
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2016). *Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos*. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/estrategia-nacional-para-el-mejoramiento-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2020). *Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS)*.
<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4479>

- Baeza Gómez, E. (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>
- Bedregal, P., Mendoza, P., Ubillus, M., Montoya, E., Airas, R., Baca, L., & Fajardo, W. (2010). Evaluación de las aguas del río Rimac en Lima, Perú, utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA). *Informe Científico Tecnológico*.
<https://repositorio.ipen.gob.pe/bitstream/handle/20.500.13054/623/ICT%202010%20-%20Pag%2013-19.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bozorg, O., Delpasand, M., & Loáiciga, H. A. (2021). 10 - Water quality, hygiene, and health. *Economical, Political, and Social Issues in Water Resources*, 217-257.
- Cacsire Ponce, R. A., & Valencia Córdova, V. M. (2021). *Evaluación del índices de calidad ambiental fisicoquímicos de la laguna tinquicocha mediante la metodología ICA-PE en el departamento de Huánuco en el año 2018-2019*. [tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio institucional.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/11435/4G.0055.IA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Caissie, D. (2006). The thermal regime of rivers: a review. *Freshwater Biology*, 51, 1389–1406.
https://www.waterboards.ca.gov/waterrights/water_issues/programs/bay_delta/california_waterfix/exhibits/docs/Stockton/part2rebuttal/stkn_64.pdf
- Castillo Tiellacuri, Z. I. (2014). *Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río Rimac (riego) de enero a agosto del 2011 en tres puntos de monitoreo*. [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio institucional.

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2434/T01-C38-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chang Gómez, J. V. (2009). *Calidad del agua*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6145/2/Calidad%20de%20Agua%20Unidad%201%2C2%2C3.pdf>

Córdoba, F., Antunes, C., Loayza, R., Grande, J. A., Silva, B., Diaz, J., & Ferreira, E. (2021).

Extremely Acidic Eukaryotic (Micro) Organisms: Life in Acid Mine Drainage Polluted Environments—Mini-Review. *Int J Environ Res Public Health*, 19(1).

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8751164/>

Diamond, J. M., Winchester, E. L., & Mackler, D. G. (1992). Toxicity of cobalt to freshwater indicator species as a function of water hardness. *Aquatic Toxicology*, 22(3), 163-179.

Fernández Rodríguez, M., & Guardado Lacaba, R. M. (2021). Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba. *Minería y Geología*, 37(1), 104-116.

<https://www.redalyc.org/journal/2235/223566343008/223566343008.pdf>

Fuentes Yagüe, J. L. (1992). *Aguas subterráneas*. IRYDA. Corazón de María.

https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_01.pdf

García, F., Encalada, T., Alvarez, L. M., & Avilés, A. (2025). Human health risk assessment of aluminium in water treated with aluminium-based coagulants in a rural area. *Results in Engineering*, 25.

Gil Marín, J. A., Vizcaino, C., & Montaña Mata, N. J. (2018). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del

Río Guarapiche, Monagas, Venezuela. *Anales Científicos*, 79(1), 111 - 119.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6480001>

Gómez Hernández, S. P., & Rojas Cano, S. M. (2014). *Afectación ambiental de la calidad del agua de la quebrada Cascabel generada por la explotación minera artesanal del municipio de Marmato departamento de Caldas*. [tesis de postgrado, Universidad de Manizales]. Repositorio institucional.

<https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1614/TESIS%20D E%20GRADO%20SANDRA%20GOMEZ%20Y%20ROJAS%20JUNIO%2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hassan, S. S., Lin, Y. Y., Er, Y., & Wang, Z. (2022). Temperature effects in single or combined with chemicals to the aquatic organisms: An overview of thermo-chemical stress. *Ecological Indicators*, 143(109354).

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X22008275>

Hernández Flores, G., Ramírez Javier, J. C., Ramírez Guzmán, A. H., Hernández Hernández, M. A., Talavera Mendoza, O., Salgado Souto, S. A., & Cortés Silva, A. (2023). Dispersión de metales pesados en una subcuenca hidrológica como consecuencia de la actividad minera en Taxco, Guerrero (Sur de México). *Impacto de las Actividades Mineras en los Recursos Hídricos Subterráneos*, 15(10). <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/10/1950>

Hinkle, M. A., Ziegler, B., Culbertson, H., & Goldmann, C. (2024). Manganese exposure from spring and well waters in the Shenandoah Valley: interplay of aquifer lithology, soil composition, and redox conditions. *Environ Geochem Health*, 46(6).

- Hudnell, K., Dortch, Q., & Zenick, H. (2008). An overview of the interagency, International Symposium on Cyanobacterial Harmful Algal Blooms (ISOC-HAB): advancing the scientific understanding of freshwater harmful algal blooms. *Adv Exp Med Biol*, 619, 1-16.
- Hughes, T. A., & Gray, N. (2012). *Co-treatment of acid mine drainage with municipal wastewater: Performance evaluation*.
- Jennings, S., Neuman, D., & Blicher, P. (2008). *Acid Mine Drainage and Effects on Fish Health and Ecology: A Review*. Reclamation Research Group Publication, Bozeman, MT.
<https://earthworks.org/assets/uploads/2018/12/55-S.R.-Jenning-et-al.-2008.-Acid-Mine-Drainage-and-Effects-on-Fish-Health-and-Ecology-A-Review.pdf>
- Jiménez Terán, J. M. (2013). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alacantarillado sanitario*. Universidad Veracruzana.
<https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>
- Jing, H., Yunyan, L., Jiafu, S., & Bo, L. (2023). Urban water health: A conceptual framework and assessment system. *Front. Ecol. Evol.*, 10.
- Karungamye, P., Rugaika, A., Mtei, K., & Machunda, R. (2023). Physicochemical and microbiological characterization and of hospital wastewater in Tanzania. *Total Environment Research Themes*, 8.
- Lacalamita, D., Mongioví, C., & Crini, G. (2024). Chemical oxygen demand and biochemical oxygen demand analysis of discharge waters from laundry industry: monitoring, temporal variability, and biodegradability. *Front. Environ. Sci.*, 12.

- Lillo, J. (2020). *Impactos de la minería en el medio hidrológico (II): Contaminación*.
<https://www.iagua.es/blogs/javier-lillo/impactos-mineria-medio-hidrologico-ii-contaminacion>
- López Hernández, M., Lacayo Romero, M., & Dávila López, A. (2021). Evaluación de la calidad físico-química de las aguas subterráneas y superficiales de la zona minera de Santo Domingo – Chontales. *Revista Torreón Universitario*, 9(26), 107-123.
<https://revistatorreonuniversitario.unan.edu.ni/index.php/torreon/article/view/324/617>
- Ma, R., Chen, Z., Wang, B., & Xu, C. (2024). Spatiotemporal variations and controlling mechanism of low dissolved oxygen in a highly urbanized complex river system. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 52.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581824000399>
- Marinero, E., Vargas, J., & Geles, T. (2015). El agua como recurso esencial para la vida y el cual hay que garantizar su sostenibilidad ante la adversidad del cambio climático. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 1(2), 140-145.
<http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3941749007/3941749007.pdf>
- Mazhar, N., Kamran, M., Mazhar, B., & Mustafa, M. (2024). Impacto de la contaminación del agua en las infecciones transmitidas por el agua: énfasis en la contaminación microbiana y los riesgos asociados para la salud en los seres humanos. *Discover Water*.
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s43832-025-00198-x.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2021). *Actualización de la cartera de proyectos de exploración minera: 60 proyectos por US\$ 506 millones*, *Boletín Estadístico Minero*, N°

1-2021. Lima. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1724212/BEM-01-2021.pdf.pdf>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2010). *Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero-Metalúrgicas. D.S N° 010-2010-MINAM*. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_010-2010-minam.pdf

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). *Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 004-2017-MINAM*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

Munasinghe, D. S., Najim, M. M., Quadroni, S., & Musthafa, M. M. (2021). Impacts of streamflow alteration on benthic macroinvertebrates by mini-hydro diversion in Sri Lanka. *Scientific Reports*, 11.

Munyai, L. F., Gumede, E. P., Dondofema, .., & Dalu, T. (2025). Las características ambientales configuran la estructura de la comunidad de macroinvertebrados en distintas escalas espaciotemporales en un sistema fluvial africano subtropical. *Informes científicos volumen*.

Neyra, R. (2020). *La hacienda Combayo en Cajamarca, de la agricultura a la minería*. https://www.researchgate.net/publication/355874056_La_hacienda_Combayo_en_Cajamarca_de_la_agricultura_a_la_mineria

Olivera Chura, A. (2019). *Evaluación ambiental del índice de calidad del agua del río Loripongo Afectado por los pasivos ambientales de la mina Gavilán de plata-Laraqueri-*

- Puno*. [tesis de postgrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional. <https://1library.co/document/y6el5loz-evaluacion-ambiental-indice-loripongo-afectado-ambientales-gavilan-laraqueri.html>
- Olortegui Muguerza, M. (2017). *Caracterización de los suelos impactados, por el uso de fertilizantes en el Caserío de Bellavista Baja, Centro Poblado de Combayo - Cajamarca, 2016*. [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas]. <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/6081>
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2012). *Cartilla Técnica: Aguas subterráneas-acuíferos*. Sociedad Geográfica de Lima. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/aguas_subterranas.pdf
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2011). *Agua e industria en la economía verde*. https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/green_economy_2011/pdf/info_brief_water_and_industry_spa.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2025). *United Nations World Water Development Report*.
- Parr, L. B., & Mason, C. F. (2004). Causes of low oxygen in a lowland, regulated eutrophic river in Eastern England. *Science of The Total Environment*, 321(1-2), 273-286. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969703005060>
- Peche González, R. (2017). Nueva metodología para el diseño de índices de calidad ambiental basada en extensiones difusas de funciones de transformación. *Gestión y Ambiente*, 20(2), 178-198. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6687515>

- Pereira, M., Ballón, E., Castro, M., Constantin, A., Carlos, D. M., García, R., . . . Lanegra, I. (2022). *Minería y desarrollo sostenible, Seguimiento de la evaluación del desempeño ambiental del Perú*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/932a7f15-0f8e-48fc-a11c-25e5a62107bd/content>
- Peters, A., Crane, M., & Adams, W. (2011). Efectos del hierro en las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en el campo. *Boletín de Contaminación Ambiental*, 86(6), 591-595.
https://www.researchgate.net/publication/51073480_Effects_of_Iron_on_Benthic_Macroinvertebrate_Communities_in_the_Field
- Prüss, A., Wolf, J., Bartram, J., Clasen, T., Cumming, O., & Freeman, M. C. (2019). Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene for selected adverse health outcomes: An updated analysis with a focus on low- and middle-income countries. *Int J Hyg Environ Health*, 5, 765-777.
- Quiroz Bringas, C. (2023). *Prácticas pre-profesionales en el área de monitoreo de aguas superficiales en la empresa “Comisión de Monitoreo de Canales de Riego” COMOCA*.
- Quispe Mamani, C. Z. (2015). *Caracterización geológica del centro poblado de Combayo distrito de la Encañada*. [Tesis de postgrado, Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1549/Tesis%20Quispe%20Mamani%20Crispin%20Zenon%20pdf.pdf;jsessionid=AD8C70F103862581170116F1FBDD908E?sequence=1>

Ramírez Cota, M., a Escobar Sánchez, O., & Betancourt Lozano, y. M. (2023). Metales pesados: antagonistas de la salud en México. *Ciencia*, 74(3), 24-29.

https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/74_3/PDF/06_74_3_1385.pdf

Reyes Lara, S., & Reyes Mazzoco, R. (2009). Efecto de las cargas hidráulica y orgánica sobre la remoción masica de un empaque estructurado en un filtro percolador. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 8(1), 101-109.

<https://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v8n1/v8n1a10.pdf>

Sahuquillo Herraíz, A. (2009). La importancia de las aguas subterráneas.

Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat. (Esp), 103(1), 97-114.

<https://rac.es/ficheros/doc/00923.pdf>

Taure López, E. (2002). *Implantación de un sistema de gestión ambiental certificable según la norma ISO 14001 en una depuradora de aguas residuales urbanas.*

<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/5831>

Tripole, S., Vallania, A., & Corigliano, M. d. (2008). Benthic macroinvertebrate tolerance to water acidity in the Grande river sub-basin (San Luis, Argentina). *Limnetica*, 27(1), 29-38. <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-27-1-p-29.pdf>

United States Environmental Protection Agency [EPA]. (2003). *2003 Update of ambient water quality criteria for copper.* <https://archive.epa.gov/epa/sites/production/files/2019-02/documents/2003-draft-update-awqc-copper.pdf>

Van, M., Thorslund, J., Stokal, M., & Hofstra, N. (2023). Global river water quality under climate change and hydroclimatic extremes. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4, 687–702.

Van, R., Barry, M., & Ahokas, J. (1998). Effects of water-borne iron and calcium on the toxicity of diethylenetriamine pentaacetic acid (DTPA) to *Daphnia carinata*. *Aquatic Toxicology*, 42(1), 49-66.

Vélez Otálvaro, M. V. (1999). *Hidráulica de aguas subterráneas* (2ª edición ed.). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

https://www.academia.edu/35420061/HIDR%C3%81ULICA_DE_AGUAS_SUBTERR%C3%81NEAS_2a_edici%C3%B3n

Vélez Otálvaro, M. V., Ortiz Pimienta, C., & Vargas Quintero, M. C. (2012). *Las aguas subterráneas un enfoque práctico*. Instituto colombiano de geología y minería.

<https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/view/76/72/558>

Wang, X., Liang, B., & Qiang, X. (2022). Efecto de la exposición prolongada al manganeso sobre el estrés oxidativo, el daño hepático y la apoptosis en el mero *Epinephelus moara* *Epinephelus lanceolatus*. *Front. Mar. Sci.* .

Warren, W., Campos, A., Zárate, A., & Romero, L. (2023). A Current Review of Water Pollutants in American Continent: Trends and Perspectives in Detection, Health Risks, and Treatment Technologies. *Int J Environ Res Public Health*, 20(5).

Zavala, B., & Barrantes, R. (2007). *Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrogeológicos en la región Cajamarca*.

https://portal.ingemmet.gob.pe/documents/73138/117725/ZONAS_CRITICAS_CAJAMARCA_2007.pdf

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Método
¿Cuál es la calidad del agua del canal Azufre Quecher de Combayo y canal Azufre Quecher descarga, La Encañada - 2024?	<p>Objetivo general Determinar la calidad del agua del canal Azufre Quecher de Combayo y canal Azufre Quecher descarga, La Encañada -2024.</p> <p>Objetivos específicos - Determinar las propiedades físicas y químicas del canal Azufre Quecher con código CAQ-1. - Determinar las propiedades físicas y químicas del canal Azufre Quecher descarga con código CAQD-1. - Determinar el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) de los dos canales.</p>	El agua del canal Azufre Quecher de Combayo y canal Azufre Quecher descarga, La Encañada, se encuentran en una categorización de regular calidad, cumpliendo con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.	Calidad del agua de los canales Azufre Quecher	<p>Tipo de investigación Descriptivo.</p> <p>Diseño de la investigación No experimental cuali-cuantitativa.</p> <p>Técnicas de recolección de datos Monitoreos. ICARHS.</p> <p>Unidad de análisis Puntos de monitoreo en los canales Azufre Quecher.</p>

Parámetros		Unidad de medida	ECA-III	R1 (12-03-24)	R2 (26-03-24)	R3 (12-04-24)	R4 (26-04-24)	EXCEDENTES			
								cuando es mayor = (valor /ECA) -1		cuando es menor =(ECA/valor)-1	
								R5 (10-05-24)	R6 (24-05-24)	R7 (07-06-24)	R8 (21-06-24)
Química física	pH	und pH	6.5-8.5	0.3	0.292246521	0.287128713	0.33744856	0.305220884	0.173285199	0.26953125	0.247600768
	oxígeno disuelto	mg/L	>=4	0.023017903	0.012658228		0.002506266		0.007556675	0.020408163	0.023017903
Química orgánica	DBO ₅	mg/L	15								
	DQO	mg/L	40								
Química inorgánica	Arsénico	mg/L	0.1								
	Aluminio	mg/L	5								
	Manganeso	mg/L	0.2								
	Hierro	mg/L	5								
	Cobalto	mg/L	0.05								
	Cadmio	mg/L	0.01								
	Plomo	mg/L	0.05								
	Boro	mg/L	1								
	Cobre	mg/L	0.2								
suma de excedentes				2.301627031							

Items	Subíndices	
	S1	S2
total, de parámetros a evaluar	3	10
parámetros que exceden	1	1
número de datos que excede	6	8
número de datos total	24	80
Suma de excedentes	0.089165	2.212461
suma normalizada de excedentes	0.00371521	0.02765577
Alcance (F1)	0.33333333	0.1
Frecuencia (F2)	0.25	0.1
Amplitud (F3)	0.37014623	2.69115149
Valor del S1	99.6782146	98.4440734
Calificación ICARHS	Excelente	Excelente

$$CCMEWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right)$$

Anexo 3: Datos de las 8 repeticiones y cálculo del ICARHS del canal CAQD-1

Parámetros		Unidad de medida	ECA -III	REPETICIONES								promedio
				R1 (12-03-24)	R2 (26-03-24)	R3 (12-04-24)	R4 (26-04-24)	R5 (10-05-24)	R6 (24-05-24)	R7 (07-06-24)	R8 (21-06-24)	
Química física	Caudal	L/seg		20	19	20.01	18	18	16	17	15	17.87625
	pH	und pH	6.5-8.5	5.84	6.08	5.95	6.41	5.52	5.75	5.9	6.21	5.9575
	Temperatura	°C	0-30	12	10	10.7	11	11.5	12	10	11.2	11.05
	oxígeno disuelto	mg/L	>=4	3.99	3.98	3.94	3.91	3.95	3.97	3.91	3.95	3.95
Química orgánica	DBO ₅	mg/L	15	8.23	9.45	8.56	7.36	6.37	6.2	5.01	5.34	7.065
	DQO	mg/L	40	30.98	33.01	28.12	24.47	22.84	19.34	21.78	19.57	25.01375
Química inorgánica	Arsénico	mg/L	0.1	<LCM(0.0230)	<LCM(0.0230)							
	Aluminio	mg/L	5	0.998	0.995	1.21	0.987	0.971	0.994	0.969	1.02	1.018
	Manganeso	mg/L	0.2	0.252	0.254	0.251	0.249	0.246	0.241	0.236	0.228	0.244625
	Hierro	mg/L	5	0.0286	0.0285	0.0268	0.0279	0.0242	0.0256	0.0264	0.0259	0.0267375
	Cobalto	mg/L	0.05	0.067	0.066	0.063	0.061	0.049	0.0601	0.048	0.041	0.056888
	Cadmio	mg/L	0.01	<LCM(0.0020)	<LCM(0.0020)							
	Plomo	mg/L	0.05	<LCM(0.0040)	<LCM(0.0040)							
	Boro	mg/L	1	1.61	1.62	1.58	1.57	1.54	1.48	1.43	1.41	1.53
Cobre	mg/L	0.2	0.281	0.279	0.269	0.266	0.268	0.261	0.259	0.254	0.267125	

				EXCEDENTES		cuando es mayor = (valor /ECA) -1					
						cuando es menor =(ECA/valor)-1					
Parámetros		Unidad de medida	ECA-III	R1 (12-03-24)	R2 (26-03-24)	R3 (12-04-24)	R4 (26-04-24)	R5 (10-05-24)	R6 (24-05-24)	R7 (07-06-24)	R8 (21-06-24)
Química física	pH	und pH	6.5-8.5	0.113014	0.069079	0.092437	0.014041	0.177536	0.130435	0.101695	0.046699
	Temperatura	°C	0-30								
	Oxígeno disuelto	mg/L	>=4	0.002506	0.005025	0.005025	0.005025	0.005025	0.005025	0.005025	0.005025
Química orgánica	DBO ₅	mg/L	15								
	DQO	mg/L	40								
Química inorgánica	Arsénico	mg/L	0.1								
	Aluminio	mg/L	5								
	Manganeso	mg/L	0.2	0.26	0.27	0.255	0.245	0.23	0.205	0.18	0.14
	Hierro	mg/L	5								
	Cobalto	mg/L	0.05	0.34	0.32	0.26	0.22		0.202		
	Cadmio	mg/L	0.01								
	Plomo	mg/L	0.05								
	Boro	mg/L	1	0.61	0.62	0.58	0.57	0.54	0.48	0.43	0.41
Cobre	mg/L	0.2	0.405	0.395	0.345	0.33	0.34	0.305	0.295	0.27	
Items				Subíndices							
				S1	S2						
Total, de parámetros a evaluar				3	10						
parámetros que exceden				1	5						
número de datos que excede				8	37						
número de datos total				24	80						
Suma se excedentes				0.101668	10.796935						
Suma normalizada de excedentes				0.0042362	0.13496169						
Alcance (F1)				0.33333333	0.5						
Frecuencia (F2)				0.33333333	0.4625						
Amplitud (F3)				0.42183284	11.891299						
Valor del S1				99.6347655	93.123101						
calificación ICARHS				Excelente	Bueno						

Anexo 5: informes de laboratorio regional del agua

Repetición 1

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA		INACAL DA - Perú Laboratorio de Pruebas Acreditado Registro N° LE - 054	
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084	
INFORME DE ENSAYO N° IE 03240206			
DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	COMISIÓN DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO-CAJAMARCA (COMOCA)		
Dirección	CALLE LAS CUCARDAS N° 235 URB. EL JARDIN-CAJAMARCA		
Persona de contacto	Wilson Chalán	Correo electrónico	gerchalan@yahoo.es
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	12.03.24	Hora de Muestreo	9:00 a 10:30
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	02		
Ensayos solicitados	Químicos instrumentales- Físicoquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la muestra	Combayo		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-342	Cadena de Custodia	CC - 0206 - 24
Fecha y Hora de Recepción	12.03.24	15:00	Inicio de Ensayo 12.03.24 15:40
Reporte Resultado	19.04.24	15:00	
 Edder Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
Cajamarca, 19 de abril de 2024			
Página: 1 de 3			
<small> "LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO" JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERU e-mail: laboratorio@regcajamarca.gob.pe 599000 anexo 1148 </small>			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03240206

ENSAYOS			Químicos Instrumentales - Físicoquímicos				
Código de la Muestra	CAQ-1	CAQD-1	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	03240206-01	03240206-02	-	-	-	-	-
Matriz	Natural	Natural	-	-	-	-	-
Descripción	Superficial-rio	Superficial-rio	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Combayo	Combayo	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de metales pesados				
Arsenico (Ag)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	0.696	0.998	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	1.61	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	0.281	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	0.015	0.067	-	-	-
Hierro (Pb)	mg/L	0.0230	0.0231	0.0286	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.013	0.252	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos				
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	21	30.98	-	-	-
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	0.5	4.2	8.23	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 19 de abril de 2024

Página: 2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03240206

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado-Modificado) 2020. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand 5-day BOD test
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500- O C, 24 th Ed. 2023: biochemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo, luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 19 de abril de 2024



LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Repetición 2

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA		INACAL IN - Perú Laboratorio de Acreditado Registro N° LE - 054	
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084			
INFORME DE ENSAYO N° IE 03240396			
DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	COMISIÓN DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO-CAJAMARCA (COMOCA)		
Dirección	CALLE LAS CUCARDAS N° 235 URB. EL JARDIN-CAJAMARCA		
Persona de contacto	Wilson Chalán	Correo electrónico	gerchalan@yahoo.es
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	26.03.24	Hora de Muestreo	9:10 a 10:20
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	02		
Ensayos solicitados	Químicos instrumentales - Físicoquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la muestra	Combayo		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-395	Cadena de Custodia	CC - 0305 - 24
Fecha y Hora de Recepción	26.03.24	16:00	Inicio de Ensayo 26.03.24 15:40
Reporte Resultado	08.04.24	15:55	
 Edder Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
Cajamarca, 08 de abril de 2024			
Página: 1 de 3			
<small>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERU e-mail: laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe ☎ 595000 Anexo 1140</small>			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03240305

ENSAYOS			Químicos Instrumentales - Físicoquímicos			
Código de la Muestra	CAQ-1	CAQD-1	-	-	-	-
Código Laboratorio	03240305-01	03240305-02	-	-	-	-
Matriz	Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción	Superficial-rio	Superficial-rio	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Combayo	Combayo	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de metales pesados			
Arsenico (Ag)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	0.689	0.995	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	1.62	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	0.279	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	0.024	0.066	-	-
Hierro (Pb)	mg/L	0.0230	0.025	0.0285	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.011	0.254	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos			
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	26.4	33.01	-	-
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	0.5	5.31	9.45	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 08 de abril de 2024

Página: 2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03240305

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Tl, Ti, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado-Modificado) 2020. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand 5-day BOD test
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500- O C, 24 th Ed. 2023: biochemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo, luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev.N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 08 de abril de 2024



LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Página: 3 de 3

Repetición 3

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA		INACAL DA - Perú Asociación de Instituciones Acreditadas Registro N° LE - 084	
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-084			
INFORME DE ENSAYO N° IE 04240408			
DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	COMISIÓN DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO-CAJAMARCA (COMOCA)		
Dirección	CALLE LAS CUCARDAS N° 235 URB. EL JARDIN-CAJAMARCA		
Persona de contacto	Wilson Chalán	Correo electrónico	gerchalan@yahoo.es
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	12.04.24	Hora de Muestreo	9:10 a 10:40
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	02		
Ensayos solicitados	Químicos instrumentales - Físicoquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la muestra	Combayo		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-480	Cadena de Custodia	CC - 0408 - 24
Fecha y Hora de Recepción	12.04.24	14:00	Inicio de Ensayo 12.04.24 15:00
Reporte Resultado	19.04.24	15:00	
 Edder Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
Cajamarca, 19 de abril de 2024			
Página: 1 de 3			
<small>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONTABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO* JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERU * email: laboratorio@lra.gob.pe 599000 anexo 1140</small>			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 04240408

ENSAYOS			Químicos Instrumentales - Físicoquímicos				
Código de la Muestra	CAQ-1	CAQD-1	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	04240408-01	04240408-02	-	-	-	-	-
Matriz	Natural	Natural	-	-	-	-	-
Descripción	Superficial-rio	Superficial-rio	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Combayo	Combayo	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de metales pesados				
Arsenico (Ag)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	0.681	1.21	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	1.58	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	0.269	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	0.021	0.063	-	-	-
Hierro (Pb)	mg/L	0.0230	0.024	0.0268	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.012	0.251	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos				
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	28.6	28.12	-	-	-
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	0.5	4.47	8.56	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 19 de abril de 2024

Página: 2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 04240408

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado-Modificado) 2020. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand 5-day BOD test
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500- O C, 24 th Ed. 2023: biochemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo, luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 19 de abril de 2024



LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Página: 3 de 3

Repetición 4

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA		INACAL	
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084		Registro N° LE-084	
INFORME DE ENSAYO N° IE 04240480					
DATOS DEL CLIENTE					
Razon Social/Nombre	COMISIÓN DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO-CAJAMARCA (COMOCA)				
Dirección	CALLE LAS CUCARDAS N° 235 URB. EL JARDIN-CAJAMARCA				
Persona de contacto	Wilson Chalán	Correo electrónico	gerchalan@yahoo.es		
DATOS DE LA MUESTRA					
Fecha del Muestreo	26.04.24	Hora de Muestreo	9:20 a 10:30		
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-		
Procedimiento de Muestreo	-				
Tipo de Muestreo	Puntual				
Número de puntos de muestreo	02				
Ensayos solicitados	Químicos instrumentales - Fisicoquímicos				
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación				
Referencia de la muestra	Combayo				
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO					
N° Contrato	SC-599	Cadena de Custodia	CC - 0480 - 24		
Fecha y Hora de Recepción	26.04.24	14:49	Inicio de Ensayo	26.04.24	15:30
Reporte Resultado	04.05.24	15:30			
 Edder Neyra Responsable de Laboratorio CIP: 147028					
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA					
<i>Cajamarca, 04 de mayo de 2024</i>					
Página: 1 de 3					
<small> "LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO" JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERU e-mail: laboratorio@lra.gob.pe 590900 anexo 1140 </small>					



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 04240480

ENSAYOS			Químicos Instrumentales - Físicoquímicos					
Código de la Muestra	CAQ-1	CAQD-1	-	-	-	-	-	
Código Laboratorio	04240480-01	04240480-02	-	-	-	-	-	
Matriz	Natural	Natural	-	-	-	-	-	
Descripción	Superficial-rio	Superficial-rio	-	-	-	-	-	
Localización de la Muestra	Combayo	Combayo	-	-	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de metales pesados					
Arsenico (Ag)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	0.67	0.987	-	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	1.57	-	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	0.266	-	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	0.019	0.061	-	-	-	-
Hierro (Pb)	mg/L	0.0230	0.0241	0.0279	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.013	0.249	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	19.4	24.47	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	0.5	3.56	7.36	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 04 de mayo de 2024

Página: 2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 04240480

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado-Modificado) 2020. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand 5-day BOD test
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500- O C, 24 th Ed. 2023: biochemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
 (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
 ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo, luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev.N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 04 de mayo de 2024



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Repetición 5

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA		LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084	
INFORME DE ENSAYO N° IE 05240412			
DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	COMISIÓN DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO-CAJAMARCA (COMOCA)		
Dirección	CALLE LAS CUCARDAS N° 235 URB. EL JARDIN-CAJAMARCA		
Persona de contacto	Wilson Chalán	Correo electrónico	gerchalan@yahoo.es
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	10.05.24	Hora de Muestreo	9:10 a 10:30
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	02		
Ensayos solicitados	Químicos instrumentales - Físicoquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la muestra	Combayo		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-659	Cadena de Custodia	CC - 0412 - 24
Fecha y Hora de Recepción	10.05.24	15:49	Inicio de Ensayo 10.05.24 15:00
Reporte Resultado	17.05.24	15:00	
 Edder Nayra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
<i>Cajamarca, 17 de mayo de 2024</i>			
Página: 1 de 3			
<small>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA – GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO” JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERU e-mail: laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe ☎ 094000 anexo 1140</small>			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 05240412

ENSAYOS			Químicos Instrumentales - Físicoquímicos				
Código de la Muestra	CAQ-1	CAQD-1	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	05240412-01	05240412-02	-	-	-	-	-
Matriz	Natural	Natural	-	-	-	-	-
Descripción	Superficial-rio	Superficial-rio	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Combayo	Combayo	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de metales pesados				
Arsenico (Ag)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	0.674	0.971	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	1.54	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	0.268	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	0.013	0.049	-	-	-
Hierro (Pb)	mg/L	0.0230	0.0254	0.0242	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.009	0.246	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos				
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	13.58	22.84	-	-	-
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	0.5	3.27	6.37	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 17 de mayo de 2024

Página: 2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 05240412

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Tl, Ti, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado-Modificado) 2020. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand 5-day BOD test
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500- O C, 24 th Ed. 2023: biochemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
 (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
 ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo, luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 17 de mayo de 2024



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Repetición 6

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA		INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 084	
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084			
INFORME DE ENSAYO N° IE 05240597			
DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	COMISIÓN DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO-CAJAMARCA (COMOCA)		
Dirección	CALLE LAS CUCARDAS N° 235 URB. EL JARDIN-CAJAMARCA		
Persona de contacto	Wilson Chalán	Correo electrónico	gerchalan@yahoo.es
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	24.05.24	Hora de Muestreo	9:25 a 10:30
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	02		
Ensayos solicitados	Químicos instrumentales- Físicoquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la muestra	Combayo		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-813	Cadena de Custodia	CC - 0597 - 24
Fecha y Hora de Recepción	24.05.24	15:34	Inicio de Ensayo 24.05.24 16:00
Reporte Resultado	05.06.24	15:00	
 Edda Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
Cajamarca, 05 de junio de 2024			
Página: 1 de 3			
<small>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO DR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA PERU e-mail: laboratorio@regimcajamarca.gob.pe 598990 anexo 1140</small>			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 05240597

ENSAYOS			Químicos Instrumentales - Físicoquímicos				
Código de la Muestra	CAQ-1	CAQD-1	-	-	-	-	
Código Laboratorio	05240597-01	05240597-02	-	-	-	-	
Matriz	Natural	Natural	-	-	-	-	
Descripción	Superficial-río	Superficial-río	-	-	-	-	
Localización de la Muestra	Combayo	Combayo	-	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de metales pesados				
Arsenico (Ag)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	-	-	
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	0.664	0.994	-	-	
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	1.48	-	-	
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-	
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	0.261	-	-	
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	0.011	0.0601	-	-	
Hierro (Pb)	mg/L	0.0230	0.0267	0.0256	-	-	
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.01	0.241	-	-	
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos			
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	14.2	19.34	-	-
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	0.5	3.98	6.2	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 05 de junio de 2024

Página: 2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 05240597

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Tl, Ti, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado-Modificado) 2020. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand 5-day BOD test
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500- O C, 24 th Ed. 2023: biochemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo, luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 05 de junio de 2024



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Página: 3 de 3

Repetición 7

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA	
			
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084			
INFORME DE ENSAYO N° IE 06240397			
DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	COMISIÓN DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO-CAJAMARCA (COMOCA)		
Dirección	CALLE LAS CUCARDAS N° 235 URB. EL JARDIN-CAJAMARCA		
Persona de contacto	Wilson Chalán	Correo electrónico	gerchalan@yahoo.es
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	07.06.24	Hora de Muestreo	9:00 a 10:30
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	02		
Ensayos solicitados	Químicos instrumentales- Físicoquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la muestra	Combayo		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-413	Cadena de Custodia	CC - 0397 - 24
Fecha y Hora de Recepción	07.06.24	15:14	Inicio de Ensayo 07.06.24 16:00
Reporte Resultado	14.06.24	15:00	
 Edder Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147026			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
Cajamarca, 14 de junio de 2024			
Página: 1 de 3			
<small>*LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO*</small> <small>JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERÚ</small> <small>e-mail: laboratorio@regioajamarca.gob.pe 591010 anexo 1140</small>			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 06240397

ENSAYOS			Químicos Instrumentales - Físicoquímicos				
Código de la Muestra	CAQ-1	CAQD-1	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	06240397-01	06240397-02	-	-	-	-	-
Matriz	Natural	Natural	-	-	-	-	-
Descripción	Superficial-rio	Superficial-rio	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Combayo	Combayo	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de metales pesados				
Arsenico (Ag)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	0.673	0.969	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	1.43	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	0.259	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	0.014	0.048	-	-	-
Hierro (Pb)	mg/L	0.0230	0.0243	0.0264	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.011	0.236	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos				
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	10.78	21.78	-	-	-
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	0.5	3.12	5.01	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 14 de junio de 2024

Página: 2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 06240397

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Tl, Ti, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado-Modificado) 2020. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand 5-day BOD test
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500- O C, 24 th Ed. 2023: biochemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo, luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 14 de junio de 2024



LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Página: 3 de 3

Repetición 8

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA		LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084	
INFORME DE ENSAYO N° IE 06240705			
DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	COMISIÓN DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO-CAJAMARCA (COMOCA)		
Dirección	CALLE LAS CUCARDAS N° 235 URB. EL JARDIN-CAJAMARCA		
Persona de contacto	Wilson Chalán	Correo electrónico	gerchalan@yahoo.es
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	21.06.24	Hora de Muestreo	9:30 a 10:30
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	02		
Ensayos solicitados	Químicos instrumentales- Físicoquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la muestra	Combayo		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-938	Cadena de Custodia	CC - 0705 - 24
Fecha y Hora de Recepción	21.06.24	14:38	Inicio de Ensayo 21.06.24 15:10
Reporte Resultado	02.07.24	14:25	
 Edder Neyra Jara Responsable de Laboratorio CIP: 147028			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
Cajamarca, 02 de julio de 2024			
Página: 1 de 3			
<small>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO* JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERU e-mail: laboratorio@lago@regioncajamarca.gob.pe ☎ 595990 Anexo 1140</small>			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 06240705

ENSAYOS			Químicos Instrumentales - Físicoquímicos				
Código de la Muestra	CAQ-1	CAQD-1	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	06240705-01	06240705-02	-	-	-	-	-
Matriz	Natural	Natural	-	-	-	-	-
Descripción	Superficial-rio	Superficial-rio	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Combayo	Combayo	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de metales pesados				
Arsenico (Ag)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	0.678	1.02	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	1.41	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	0.254	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	0.013	0.041	-	-	-
Hierro (Pb)	mg/L	0.0230	0.0249	0.0259	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.01	0.228	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos				
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	14.98	19.57	-	-	-
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	0.5	3.31	5.34	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 02 de julio de 2024

Página: 2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 06240705

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado-Modificado) 2020. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand 5-day BOD test
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500- O C, 24 th Ed. 2023: biochemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo, luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 02 de julio de 2024



LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Página: 3 de 3

Anexo 5: informes de parámetros de campo



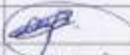
COMOCA
vigilando el agua que nos vive

ACTA DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO

COMOCA ESTE

Fecha: Cajamarca 12. de Marzo del 2024

INTEGRANTES DE LA COMISION

Nombres y apellidos	Representantes	Firma
Cristobal Quinzá Bringas	tesista Comoca	
Wilson Chalán Salvez	COORD. COMOCT	

Resultados de Parámetros de Campo:

CÓDIGO	HORA	pH	T°	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (us/cm ²)	OD	TDS	CAUDAL (l/s)
CAQ-1	9:50	5	12		3.94		20
CAQ-2	10:30	5.84	12		3.99		14

Observaciones:

Día nublado - Agua transparente en los dos puntos.

No habiendo más puntos que tratar se dio por concluido el monitoreo de los Canales de riego, descritos anteriormente (cumpliendo protocolo Nacional de monitoreo de Aguas Superficiales), a horas del mismo día.


 (05) 280 681


 comoca@gmail.com


 Calle Las Cusaldas #235 - Oto. 101



ACTA DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO+

COMOCA SUR

Fecha: Cajamarca 26. de Marzo del 2024

INTEGRANTES DE LA COMISION

Nombres y apellidos	Representantes	Firma
Cristobal Quiroz Bringas	Tesista COMOCA	
Wilson Cholaín Edvez	Coordinador COMOCA	

Resultados de Parámetros de Campo:

CÓDIGO	HORA	pH	T°	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (us/cm ²)	OD	TDS	CAUDAL (l/s)
CAQ-1	9:40	5.03	9.5		3.95		18
CAQD-1	10:15	6.08	10		3.98		19

Observaciones:

.....Día nublado = Aguas transparentes en los dos puntos.....

No habiendo más puntos que tratar se dio por concluido el monitoreo de los Canales de riego, descritos anteriormente (cumpliendo protocolo Nacional de monitoreo de Aguas Superficiales), a horas del mismo día.



076 286 611



comoca@gmail.com



Calle Las Gurgandas # 236 - Ofc. 101



ACTA DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO

COMOCA SUR

Fecha: Cajamarca 12 de Abril del 2024

INTEGRANTES DE LA COMISION

Nombres y apellidos	Representantes	Firma
Cristobal Quirak Bringas	Forista Comoca	
Wilson Chalón Solves	Coordinador COMOCA	

Resultados de Parámetros de Campo:

CÓDIGO	HORA	pH	T°	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (us/cm ²)	OD	TDS	CAUDAL (l/s)
CAQ-1	9:55	5.05	9.4		4:01		19:95
CAQD-1	10:25	5.95	10.7		3:44		20:01

Observaciones:

.....Día soleado = Agua transparente en los dos puntos.....

No habiendo más puntos que tratar se dio por concluido el monitoreo de los Canales de riego, descritos anteriormente (cumpliendo protocolo Nacional de monitoreo de Aguas Superficiales), a horas del mismo día.



095 286 681



comoca@gmail.com



Calle Las Cusaldas #235 - Ofc. 101



ACTA DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO

COMOCA ESTE

Fecha: Cajamarca 26 de Abril del 2024

INTEGRANTES DE LA COMISION

Nombres y apellidos	Representantes	Firma
Cristobal Quiroz Bringas	Tesista COMOCA	
Wilson Chalán Golvez	Coordinador COMOCA	

Resultados de Parámetros de Campo:

CÓDIGO	HORA	pH	T°	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (us/cm ²)	OD	TDS	CAUDAL (l/s)
CAQ-1	9:50	4:86	9.6		3:99		18:6
CAQD-1	10:32	6:42	11		3:42		18

Observaciones:

Día soleado - Aguas transparentes en los dos canales

No habiendo más puntos que tratar se dio por concluido el monitoreo de los Canales de riego, descritos anteriormente (cumpliendo protocolo Nacional de monitoreo de Aguas Superficiales), a horas del mismo día.



076 206 611



comoca@gmail.com



Calle Las Cuardas #235 - Ofc. 101



ACTA DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO

COMOCA SUR

Fecha: Cajamarca 10 de Mayo del 2024

INTEGRANTES DE LA COMISION

Nombres y apellidos	Representantes	Firma
Cristobal Quiza Bringer	Preside Comoca	
Wilson Cholan Gálvez	Coordinador COMOCA	

Resultados de Parámetros de Campo:

CÓDIGO	HORA	pH	T°	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (us/cm ²)	OD	TDS	CAUDAL (l/s)
CAQ-1	9:55	4.98	11		4.07		18
CAQD-1	10:35	5.52	11.5		3.45		18

Observaciones:

Día soleado - Aguas claras en los dos canales

No habiendo más puntos que tratar se dio por concluido el monitoreo de los Canales de riego, descritos anteriormente (cumpliendo protocolo Nacional de monitoreo de Aguas Superficiales), a horas del mismo día.



ACTA DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO

COMOCA ESTE

Fecha: Cajamarca 24. de Mayo del 2024

INTEGRANTES DE LA COMISION

Nombres y apellidos	Representantes	Firma
Cristobal Quiróz Brings	Tesista COMOCA	
Wilson Chalan Gálvez	Coordinador COMOCA	

Resultados de Parámetros de Campo:

CÓDIGO	HORA	pH	T°	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (us/cm ²)	OD	TDS	CAUDAL (l/s)
CAQ-1	10:05	5.54	11.3		3.97		16
CAQD-1	10:40	5.75	12		3.97		16

Observaciones:

Día soleado - Aguas transparentes en los dos canales

No habiendo más puntos que tratar se dio por concluido el monitoreo de los Canales de riego, descritos anteriormente (cumpliendo protocolo Nacional de monitoreo de Aguas Superficiales), a horas del mismo día.



026 286 031



comoca@gmail.com



Calle Los Ciudadanos #235 - Ofc. 101



ACTA DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO

COMOCA SUR

Fecha: Cajamarca 07. de Junio del 2024

INTEGRANTES DE LA COMISION

Nombres y apellidos	Representantes	Firma
Cristobal Quiza Bringas	Miembro Comoca	
Wilson Chalán Gálvez	Coordinador COMOCA	

Resultados de Parámetros de Campo:

CÓDIGO	HORA	pH	T°	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (us/cm ²)	OD	TDS	CAUDAL (l/s)
CAQ-1	9:45	5:12	9.4		3:92		17
CAQD-1	10:20	5:09	10		3:91		17

Observaciones:

Día despejado - Aguas claras en los dos puntos

No habiendo más puntos que tratar se dio por concluido el monitoreo de los Canales de riego, descritos anteriormente (cumpliendo protocolo Nacional de monitoreo de Aguas Superficiales), a horas del mismo día.



026 286 011



comoca@gmail.com



Calle Las Cuerdas #236 - Ofc. 101



ACTA DE MONITOREO DE CANALES DE RIEGO

COMOCA ESTE

Fecha: Cajamarca 21 de Junio del 2024

INTEGRANTES DE LA COMISION

Nombres y apellidos	Representantes	Firma
Cristobal Quiroz Bringas	Tesista COMOCA	
Wilson Cholina Golvez	Coordinador COMOCA	

Resultados de Parámetros de Campo:

CÓDIGO	HORA	pH	T°	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (us/cm ²)	OD	TDS	CAUDAL (l/s)
CAQ-1	9:30	5.21	10.4		3.91		16.8
CAQD-1	10:15	6.21	11.2		3.95		15

Observaciones:

Dia soleado. Aguas transparentes en los dos canales.

No habiendo más puntos que tratar se dio por concluido el monitoreo de los Canales de riego, descritos anteriormente (cumpliendo protocolo Nacional de monitoreo de Aguas Superficiales), a horas del mismo día.



076 286 691



comoca@gmail.com



Calle Las Cuerdas #235 - Ofc. 101

Anexo 6: panel fotográfico





