



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL EN LA MICROCUENCA ANANEA, PUNO Y SU
RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD MINERA**

Línea de investigación:

Biodiversidad, Ecología y Conservación

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

Autor:

Díaz Vizcardo, Rodrigo Alonso

Asesora:

Aparicio Ilazaca, Roxana

ORCID: 0000-0002-8826-4603

Jurado:

Naupay Vega, Marlitt Florinda

Alvarado Pérez, Karina Milagros

Valer Silva, José Manuel

Lima - Perú

2024



CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL EN LA MICROCUENCA ANANEA, PUNO Y SU RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD MINERA

INFORME DE ORIGINALIDAD

29%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

20%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	8%
2	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.ana.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	visorsig.oefa.gob.pe Fuente de Internet	1%
7	INSIDEO SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - INSIDEO S.A.C.. "Segunda Actualización del EIA-D de Ampliación de Capacidad Instalada a 230 000 TMA de la Planta de Beneficio de la Refinería Cajamarquilla-IGA0013289", R.D. N° 0046-2021-SENACE-PE/DEAR, 2021	1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL EN LA MICROCUENCA ANANEA, PUNO Y SU
RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD MINERA

Línea de investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

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

Autor:

Díaz Vizcardo, Rodrigo Alonso

Asesora:

Aparicio Ilazaca, Roxana

ORCID 0000-0002-8826-4603

Jurado:

Naupay Vega, Marlitt Florinda

Alvarado Pérez, Karina Milagros

Valer Silva, José Manuel

Lima - Perú

2024

ÍNDICE

RESUMEN	6
ABSTRAC	7
I. INTRODUCCIÓN	8
1.1 Trayectoria del autor	8
1.2 Descripción de la empresa	9
1.2.1 Datos generales	9
1.2.2 Misión	9
1.2.3 Visión	9
1.3 Organigrama de la empresa.....	10
1.4 Áreas y funciones desempeñadas	11
II. MONITOREO Y ANALISIS DE LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL EN LA MICROCUCENCA ANANEA	12
2.2 Objetivos.....	13
2.2.1 Objetivo general.....	13
2.2.2 Objetivos específicos	13
2.3 Antecedentes	14
2.4 Metodología	15
2.4.1 Procedimiento del servicio de monitoreo	15
2.4.2 Procedimiento del monitoreo en campo	17
2.4.3 Fuentes de contaminación dentro de la microcuenca Ananea.....	20
2.4.4 Fuente de información para el monitoreo.....	25
2.4.5 Estaciones de monitoreo	26
2.4.6 Parámetros evaluados.....	28
2.4.7 Estándares de comparación	28
2.5 Resultados	30

2.5.1	Parámetros físico-químicos.....	30
2.5.2	Parámetros inorgánicos.....	37
2.6	Discusión de Resultados.....	46
III.	APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA	48
IV.	CONCLUSIONES	49
V.	RECOMENDACIONES.....	51
VI.	REFERENCIAS.....	52
VII.	ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Bienes utilizados durante el monitoreo de calidad del agua.....	17
Tabla 2 Clasificación de fuentes contaminantes	22
Tabla 3 Componentes Mineros de la Unidad Minera Untuca.....	23
Tabla 4 Puntos de vertimiento de origen doméstico	24
Tabla 5 Ubicación de las estaciones de calidad de agua superficial.....	26
Tabla 6 Estándares de comparación ECA agua - Categoría 3	29
Tabla 7 Resultados de laboratorio parámetros físico-químicos del período 2021 - 2023	59
Tabla 8 Resultados de laboratorio parámetros inorgánicos del período 2021 - 2023.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama de la empresa	10
Figura 2 Flujograma del servicio de monitoreo	16
Figura 3 Monitoreo de calidad del agua en la quebrada Ananea	19
Figura 4 Aforo del río Choquechambi	19
Figura 5 Ubicación de la microcuenca Ananea	20
Figura 6 Microcuenca Ananea	21
Figura 7 Fuentes de contaminación de la microcuenca Ananea	25
Figura 8 Ubicación de estaciones de monitoreo en la microcuenca Ananea.....	27
Figura 9 Resultados del potencial de hidrógeno para el período 2021-2023.....	32
Figura 10 Valores promedios de pH en las estaciones de monitoreo	32
Figura 11 Resultados de conductividad eléctrica para el período de monitoreo 2021-2023 ...	33
Figura 12 Valores promedios de conductividad en las estaciones de monitoreo	34
Figura 13 Resultados de temperatura para el período de monitoreo 2021-2023	35

Figura 14 Valores promedios de temperatura en las estaciones de monitoreo	35
Figura 15 Resultados de oxígeno disuelto para el período de monitoreo 2021-2023.....	36
Figura 16 Valores promedios de oxígeno disuelto en las estaciones de monitoreo.....	37
Figura 17 Resultados de aluminio para el período de monitoreo 2021-2023	38
Figura 18 Valores promedios de aluminio en las estaciones de monitoreo	39
Figura 19 Resultados de arsénico para el período de monitoreo 2021-2023	40
Figura 20 Valores promedios de arsénico en las estaciones de monitoreo.....	40
Figura 21 Resultados de manganeso para el período de monitoreo 2021-2023	41
Figura 22 Valores promedios de manganeso en las estaciones de monitoreo	42
Figura 23 Resultados de níquel para el período de monitoreo 2021-2023	43
Figura 24 Valores promedios de níquel en las estaciones de monitoreo	44
Figura 25 Resultados de zinc para el período de monitoreo 2021-2023.....	45
Figura 26 Valores promedios de zinc en las estaciones de monitoreo	46
Figura 27 Diagrama hidrográfico.....	47

RESUMEN

La trayectoria profesional del autor se basa en los años de experiencia como consultor ambiental para el sector minero y energético, enfocado en la generación de cartografía temática y en los servicios de monitoreo ambiental; utilizando estas fortalezas se elaboró el presente informe con el objetivo de evaluar la calidad de agua superficial en la microcuenca Ananea, utilizando los resultados de laboratorio de diez (10) estaciones de monitoreo registrados durante los años 2021, 2022 y 2023, aprobados en el primer Informe Técnico Sustentatorio de la Unidad Minera Untuca mediante Resolución Directoral N° 614-2014-MEM-DGAAM. Se identificaron como fuentes principales de contaminación los componentes mineros ubicados en la margen izquierda de la quebrada Ananea como son los depósitos de desmonte de mineral, depósito de relaves, tajo abierto y actividades como el acarreo de mineral. Los resultados indican la afectación de los cuerpos de agua en su mayoría por metales totales como: aluminio, manganeso, níquel y zinc.

Palabras clave: calidad de agua, fuentes contaminantes, microcuenca

ABSTRAC

The author's professional career is based on years of experience as an environmental consultant for the mining and energy sectors, focusing on the generation of thematic cartography and environmental monitoring services. Utilizing these strengths, the present report was prepared with the objective of evaluating the quality of surface water in the Ananea micro-basin, using laboratory results from ten (10) monitoring stations recorded during the years 2021, 2022, and 2023, approved in the first Technical Sustaining Report of the Untuca Mining Unit through Directorial Resolution No. 614-2014-MEM-DGAAM. The main sources of contamination were identified as mining components located on the left bank of the Ananea stream, such as mineral waste deposits, tailings deposits, open-pit mines, and activities such as mineral hauling. The results indicate that the water bodies are mostly affected by total metals such as aluminum, manganese, nickel, and zinc.

Keywords: water quality, polluting sources, micro-basin

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Trayectoria del autor

Profesional formado en ingeniería ambiental por la Escuela de Ingeniería Ambiental, la cual pertenece a la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo de la Universidad Nacional Federico Villareal; siendo mi trayectoria laboral como especialista de sistemas de información geográfica, consultor ambiental, fiscalizador ambiental, analista de campo y coordinador de monitoreos ambientales.

Mi experiencia empezó con la elaboración y diseño de mapas cartográficos y temáticos que complementan los Instrumentos de Gestión Ambiental (MEIA-d, MEIA-sd y Planes de Cierre) en la consultora ambiental Klohn Crippen Berger S.A.

Experiencia en consultoría ambiental dirigida a los sectores de minería y energía fue orientada a la elaboración de Instrumentos de Gestión Ambiental (EIA-sd, ITS, DIA, FTA, PAD, Planes de Cierre) y/o permisos ambientales contemplados en la legislación peruana, tomando participación en los capítulos de línea base física, resultados de monitoreo ambiental, modelamiento ambiental, identificación y evaluación de impactos; desempeñándolo durante 02 años en la consultora Clean Technology S.A.C.

Experiencia en fiscalización y supervisión ambiental durante inspecciones inopinadas a las empresas y negocios dentro del ámbito geopolítico de la Provincia Constitucional del Callao; dentro de las actividades del cargo desempeñado está la emisión de sanciones, la notificación al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y la elaboración de los informes técnicos para la Gerencia de Control Ambiental de la Municipalidad Provincial del Callao.

Del 01 de agosto del 2019 a la fecha, me desempeñé como coordinador de los servicios de monitoreo ambiental para la consultora Clean Technology S.A.C.

1.2 Descripción de la empresa

1.2.1 Datos generales

Clean Technology S.A.C., es una empresa consultora fundada el 21 septiembre de 2001, especializada en el desarrollo de ingeniería y estudios ambientales de los sectores de minería y energía. Clean Technology S.A.C. se encuentra identificada con el Registro Único de Contribuyente (RUC) N.º 20503009782 y dirección fiscal en la Av. de las Artes Sur Nro. 607, distrito de San Borja, provincia y departamento de Lima.

1.2.2 Misión

Brindar servicios de asesoría y consultoría a empresas del sector Minería, Energía e Hidrocarburos, en el ámbito del territorio nacional peruano, de tal manera, que les permita desarrollar sus actividades productivas dentro del marco legal y formal, basados en el cumplimiento de la normatividad vigente que regula los sectores productivos, a los estándares de seguridad, ambiente y responsabilidad social, con tecnología de punta y con recursos humanos interdisciplinarios especializados.

1.2.3 Visión

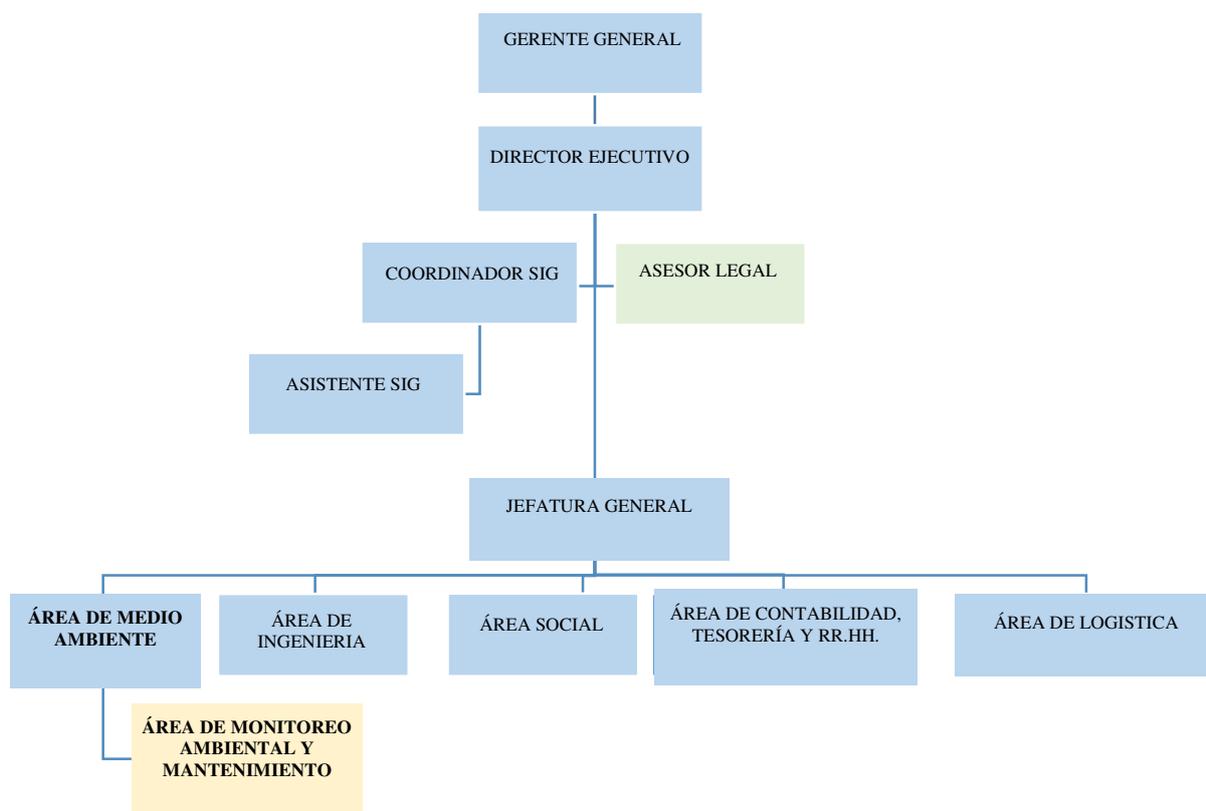
Clean Technology S.A.C. al 2025 será reconocida como la empresa líder del mercado peruano en servicios de asesoría y consultoría, especializada en desarrollar estudios de ingeniería, enfocados a viabilizar las actividades productivas de empresas del sector minería, energía e hidrocarburos, que les brinde valor económico, social y ambiental sostenible, permitiéndoles el inicio y la continuidad sostenible de sus negocios productivos, con tecnología de punta competitiva.

1.3 Organigrama de la empresa

Las áreas principales son el área de medio ambiente, el área de ingeniería y en menor rango el área de monitoreo y mantenimiento contando con el apoyo de las otras áreas como contabilidad, recursos humanos, social y logística; el staff de profesionales de Clean Technology S.A.C. está conformado por ingenieros ambientales, ingenieros civiles, ingenieros de minas, biólogos, contadores, sociólogos, antropólogos, contadores entre otros; La cartera de proyectos es manejada por el gerente general y el director general, teniendo como clientes principales empresas mineras, empresas eléctricas y empresas diversas. A continuación, se gráfica la jerarquía de las áreas y jefaturas que componen a la empresa:

Figura 1

Organigrama de la empresa



Nota. Clean Technology S.A.C., 2023.

1.4 Áreas y funciones desempeñadas

Actualmente laboro como coordinador de monitoreo ambiental y encargado del mantenimiento de los equipos de monitoreo, esta área trabaja en conjunto con el área de medio ambiente la cual es responsable de la elaboración de los instrumentos de gestión ambiental (IGAs) los cuales requieren monitoreos para cada proyecto nuevo. Siendo mis principales funciones las siguientes:

- Realizar el presupuesto de la propuesta técnica según requerimiento de titular minero de acuerdo a su IGA aprobado cantidad de puntos, matriz de análisis y parámetros requeridos según la normativa ambiental vigente
- Coordinar con los laboratorios la logística para el envío de materiales y el envío de equipos previa revisión de funcionamiento en el área de mantenimiento.
- Elaborar el plan de trabajo de campo, considerando los días del servicio, traslado a la zona de estudio, mapas georreferenciados, GPS y la selección de los especialistas requeridos de acuerdo al servicio: ingenieros ambientales, ingenieros químicos, biólogos, entre otros.
- Coordinar con la gerencia de medio ambiente del titular para las facilidades del monitoreo ambiental como son: equipos de protección personal, capacitaciones en salud y seguridad en el trabajo; seguridad de los equipos y personal de apoyo.
- Recolectar las muestras de agua, suelo, sedimento, aire y ruido, siguiendo los protocolos de monitoreo nacionales y la preservación de muestras según protocolos internos de cada laboratorio.
- Elaborar los informes de monitoreo ambiental con los resultados emitidos por los laboratorios acreditados.

II. MONITOREO Y ANALISIS DE LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL EN LA MICROCUENCA ANANEA

Participé como supervisor de monitoreo ambiental y analista de campo durante el período 2021 – 2023, realizando la toma de muestras de calidad de agua superficial en la Unidad Minera Untuca y la elaboración del informe de monitoreo para cada trimestre, estos estudios fueron realizados como parte del cumplimiento de los compromisos ambientales suscritos en la Resolución Directoral (R.D.) N° 614-2014-MEM-DGAAM para la aprobación de su primer Informe Técnico Sustentatorio (ITS) por parte de la empresa CORIPUNO S.R.L. en la Unidad Minera Untuca ubicada en la microcuenca Ananea Distrito de Quiaca, Provincia de Sandia y Departamento de Puno.

Para conocer los cambios de la calidad del agua superficial en la microcuenca Ananea, se usaron los registros de los informes de ensayo de 10 estaciones aprobadas, estos valores son utilizados para generar una gráfica de comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua Categoría 3 - Riego de Vegetales y Bebidas de Animales (Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM).

En consideración a los registros que marcaron concentraciones por debajo del límite de detección de la metodología utilizada para el análisis, se asumió el 50% del valor límite de detección para así ser empleado en los análisis estadísticos. Se tomó esta decisión considerando que los datos ingresados en las tablas de Excel requieren un valor número para poder ser expresado en gráficos de barras.

2.2 Objetivos

2.2.1 *Objetivo general*

Evaluar los cambios de la calidad del agua superficial en los principales cuerpos de agua de la microcuenca Ananea y su relación con la actividad minera, durante el período de monitoreo 2021-2023.

2.2.2 *Objetivos específicos*

- Identificar las principales fuentes de contaminación de agua superficial en la microcuenca Ananea, durante el período de monitoreo 2021-2023.
- Analizar los resultados de calidad de agua de los parámetros físico-químicos según el estándar de calidad ambiental de agua (ECA).

2.3 Antecedentes

Peñeranda (2023) en su tesis “Identificación de fuentes contaminantes de los ríos Seco y Seke y alternativas para su control” tuvo como objetivo recopilar datos de las empresas y/o actividades productivas que realizaron descargas de efluentes líquidos en los ríos Seco y Seke, identificar cuáles fueron los parámetros críticos contaminantes, contando para ello con datos de monitoreo de la cuenca Katari del período 2017-2022; y proponer medidas de control ambiental. Se concluye que los parámetros críticos en río Seco y río Seke provienen principalmente de los mataderos y curtiembres; además para el río Seke también se identificaron los pasivos ambientales de Milluni y actividades mineras; siendo el cadmio, hierro, demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno, los parámetros que superaron el límite crítico. Se propuso mejorar la gestión de los efluentes en los mataderos y la adopción de tecnologías más recientes.

Marín y Marín (2022) en su tesis “Impacto de las fuentes de contaminación ambiental en la calidad de agua del río Llaucano, Bambamarca, Cajamarca, 2021”, utilizó la matriz de Leopold para encontrar una relación entre las fuentes contaminantes del río Llaucano y los resultados físicos-químicos y microbiológicos de seis estaciones de monitoreo durante el año 2021, para determinar el impacto ambiental registrado en fuentes de investigación anteriores. Concluye que los contaminantes principales en el río Llaucano están dados por la concentración de arsénico, boro, cobalto, bicarbonato y nitrato; teniendo como mayor fuente contaminante a la actividad minera.

Rojas (2021) en su tesis “Caracterización y determinación de la calidad del agua superficial de la unidad hidrográfica Coata-Región Puno”, tuvo como objetivo caracterizar a la unidad hidrográfica Coata utilizando información morfológica, geomorfológica, geológica e hidrográfica; de acuerdo a datos de calidad de agua superficial de 19 estaciones registradas entre el 2015 y 2019 para determinan el índice de calidad de agua ICA-PE. Asimismo, buscó

identificar las fuentes de contaminación y recabar datos poblacionales en la unidad hidrográfica Coata. Concluye que, las principales fuentes de contaminación son antropogénicas como los vertimientos de agua residual doméstica e industrial, botaderos de residuos sólidos y de otras descargas en los cuerpos de agua. Los puntajes del ICA-PE en la cuenca alta obtuvieron el puntaje entre 75 a 89 (bueno) en un 29% y de 45 al 74 (regular) en un 71%, en este sentido se considera que la calidad del agua es alterada por lixiviados provenientes de pasivos ambientales mineros, unidades mineras y descarga de aguas residuales doméstico-municipales; en la cuenca media, obtuvieron el puntaje de 75 al 89 (bueno) en el 100%; en la cuenca baja, obtuvieron el puntaje de 75 al 89 (bueno) en un 56%, de 45 al 74 (regular) en un 33% y en un puntaje de 30 al 44 (malo) en un 11% este último puntaje se atribuye a la alta densidad demográfica de la ciudad de Juliaca.

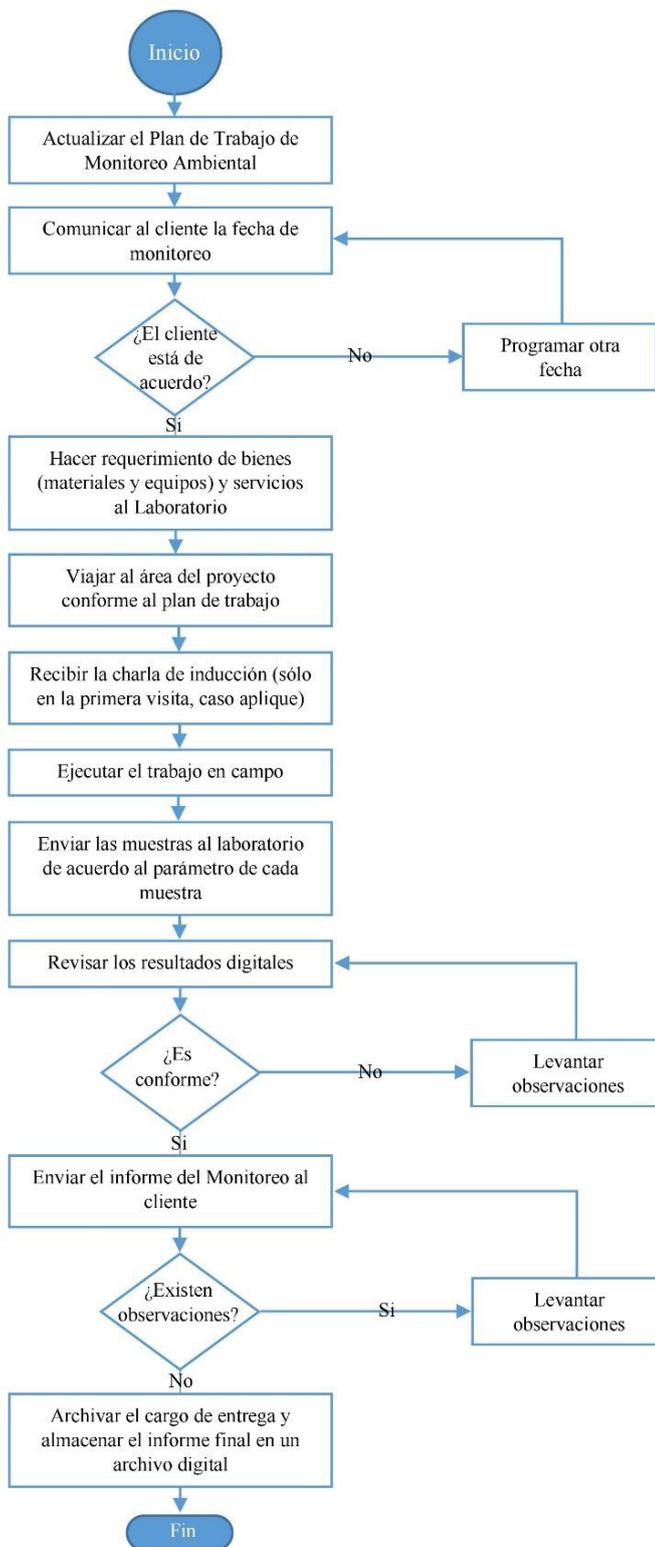
2.4 Metodología

2.4.1 Procedimiento del servicio de monitoreo

En primera instancia, se recibe la solicitud del cliente para realizar el servicio de monitoreo, se piden los datos de la empresa como: rubro comercial, ubicación del proyecto o dirección del predio urbano; cantidad, coordenadas y parámetros de los puntos de monitoreo. Luego se realiza la cotización del servicio, detallando los costos del monitoreo y de la logística para realizar el servicio en campo. A continuación, se muestran el flujograma del servicio de monitoreo.

Figura 2

Flujograma del servicio de monitoreo



2.4.2 Procedimiento del monitoreo en campo

Los trabajos en campo son ejecutados de acuerdo a los procedimientos de toma de muestra del “Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales” aprobado en la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA y el “Protocolo de monitoreo de calidad de agua – Sub-Sector Minería” Broughton, L. (1993) publicado por la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA) en el anexo 5 elaborado para el cumplimiento del artículo 5 del Decreto Supremo N° 059-93-EM; para la preservación de muestras y almacenamiento de cada parámetro a analizar se aplicaron los lineamientos establecidos por el laboratorio contratado el cual debe estar acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

Antes del monitoreo, se realiza la preparación de materiales, equipos e indumentarias de protección para garantizar que las lecturas de medición de los equipos y la recolección de la muestra de agua sean eficaces. Los equipos deben contar con sus certificados de calibración vigentes y los envases deben estar limpios y ser de primer uso.

Tabla 1

Material utilizado para el monitoreo de calidad del agua

Materiales, equipos, software e indumentaria de protección	
Medios de transporte	Vehículo para transporte terrestre (camioneta)
Materiales	Cooler de 20 litros y de 5 litros, frascos de plásticos y vidrio ámbar, baldes de plástico transparente limpios de primer uso (4-20 litros de volumen), guantes descartables, mascarillas, pizetas, refrigerantes
Equipos	Multiparámetro, correntómetro, teléfono móvil (celular)
Aplicativos móviles	Offlinemaps y Timestamp Camera Free
Soluciones y reactivos	Agua destilada, preservantes, soluciones estándar (pH, conductividad, etc.)
Formatos	Etiquetas, ficha para datos de campo, cadena de custodia

Materiales, equipos, software e indumentaria de protección

Indumentaria de protección	Zapatos de seguridad, botas de jebe cortas, botas de jebe musleras, vestimenta de seguridad con cinta reflectiva (pantalón, camisa de manga larga, casaca, chaleco), lentes, casco, barbiquejo, cortaviento, ponchos impermeables, arnés
Otros	Plumones indelebles, cinta adhesiva, toalla de microfibra, libreta de campo, lapicero, soga, cinta métrica, linterna de mano, pizarra acrílica

Al iniciar el monitoreo se realiza el reconocimiento del terreno para identificar los senderos y/o caminos más accesibles a la red de monitoreo teniendo presente los peligros como caídas a desnivel o resbalones en épocas de lluvia, se hace uso del aplicativo móvil Offlinemaps de navegación geoespacial para determinar la distancia entre el punto de monitoreo y nuestro posicionamiento actual; este aplicativo utiliza como base cartográfica imágenes satelitales actualizadas de fuentes como googleearth y bing teniendo la ventaja que no requiere internet. Para el registro de los puntos de monitoreo se requieren tomas fotográficas con datos de fecha, hora, coordenadas y altitud; con la finalidad de tener pruebas del servicio de monitoreo, se utiliza el aplicativo móvil Timestamp Camera Free para este fin.

Luego de llegar a la estación de monitoreo se realizan las mediciones usando el multiparámetro de campo in situ, después de cada lectura se lavan los sensores (pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura, entre otros) usando el agua destilada contenida en la pizeta. En la recolección de muestras, se debe utilizar guantes descartables y no exponer los frascos a la superficie del terreno para no contaminar la muestra.

Figura 3

Monitoreo de calidad del agua en la quebrada Ananea



Nota. Recolección de la muestra en la estación CW-2, mayo del 2023.

Figura 4

Aforo del río Choquechambi



Nota. Medición de la velocidad del río con el correntómetro, uno de los principales afluentes del río Choquechambi son las aguas que descarga la quebrada Ananea.

Finalmente, se realizan los apuntes en las fichas (datos de campo) y los apuntes de la cadena de custodia que es la herramienta de trazabilidad de la muestra al llegar al laboratorio para su posterior análisis y emisión de resultados en un informe de ensayo.

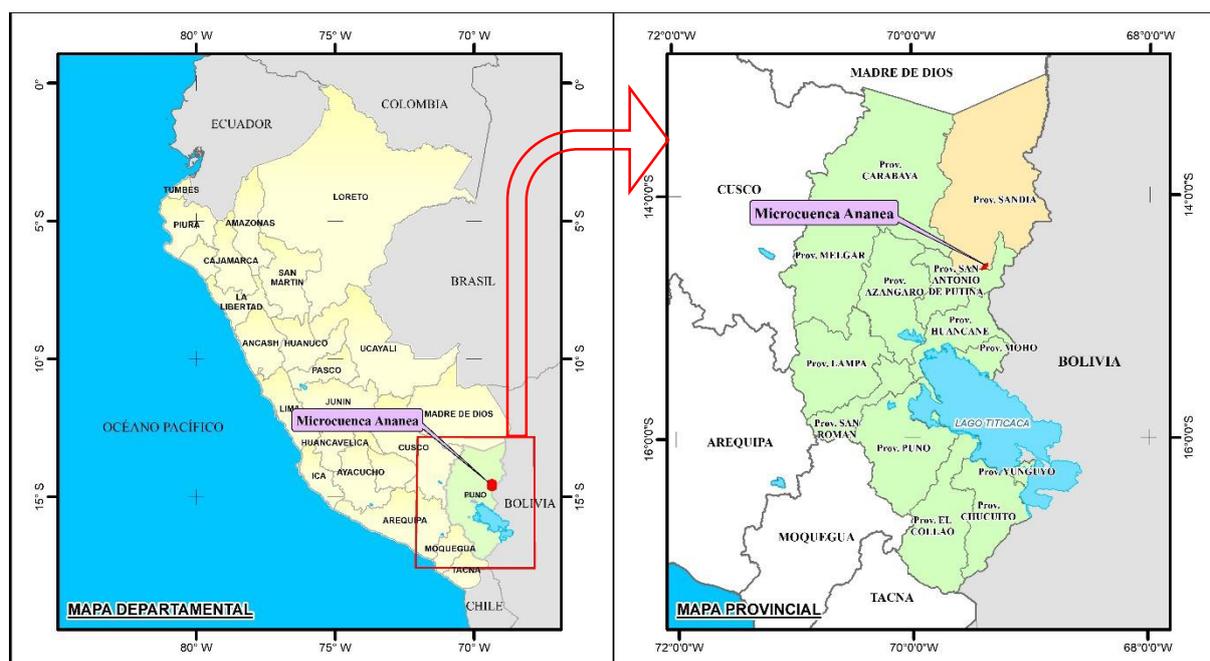
En gabinete se elabora el informe de monitoreo de calidad de agua superficial sintetizando los resultados emitidos por el laboratorio para realizar la comparación con los respectivos Estándares de Calidad Ambiental (ECA) según la categoría que aplique para el cuerpo de agua.

2.4.3 Fuentes de contaminación dentro de la microcuenca Ananea

La microcuenca Ananea está ubicada en el Distrito de Quiaca, Provincia de Sandia y Departamento de Puno; a una altitud entre los 3900 a 5800 m.s.n.m. Es un valle fluvio-glacial formando parte de las cabeceras de cuenca de la unidad hidrográfica Inambari, los cuerpos de agua presentes en la zona son la laguna Ananea, laguna Huancasayane, la quebrada Ananea que nace en el Nevado Ananea producto del deshielo.

Figura 5

Ubicación de la microcuenca Ananea

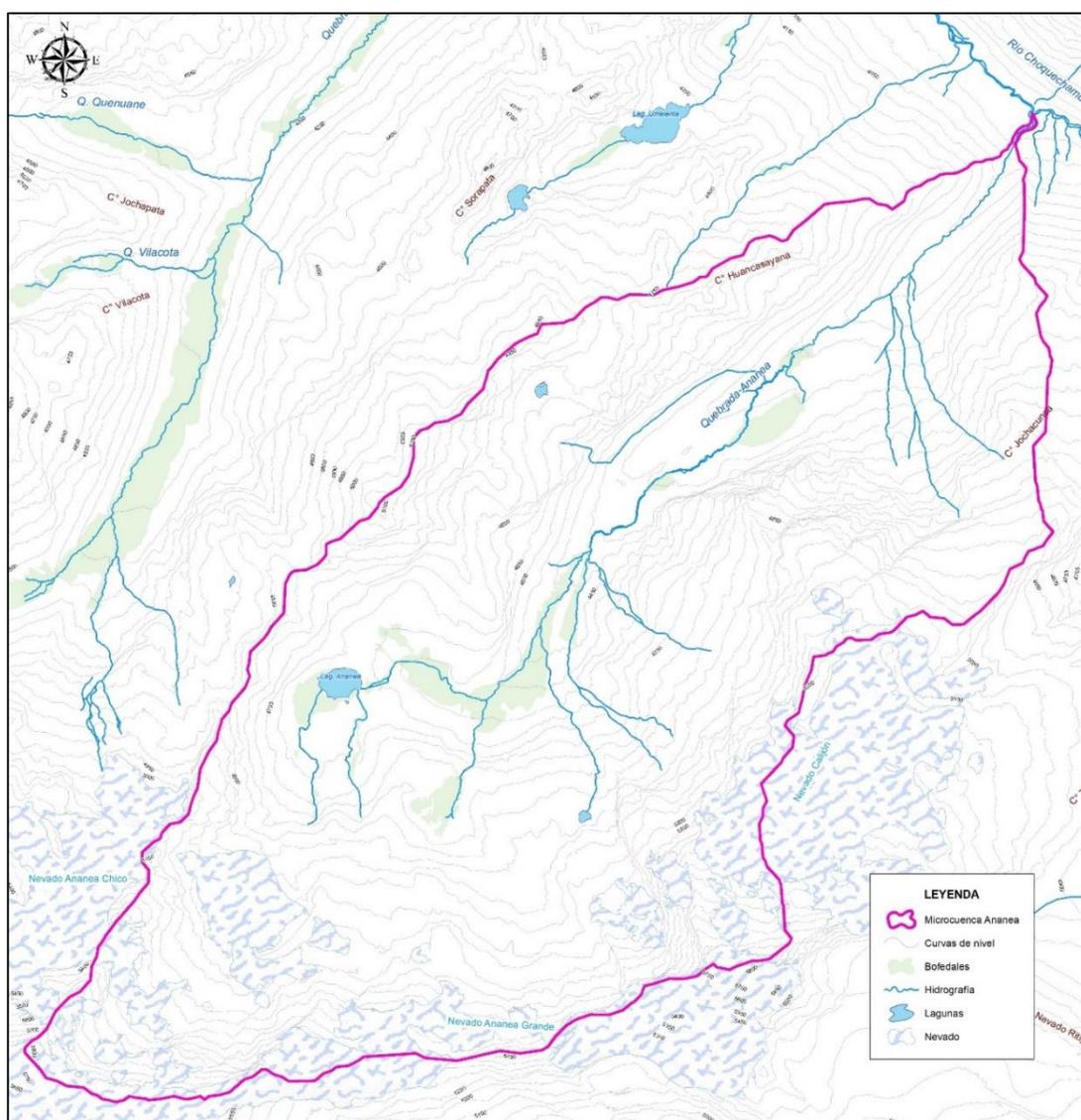


Se realizó la delimitación de la microcuenca utilizando ArcGIS 10.8 software de sistemas de información geográfica de acuerdo a las curvas de nivel a detalle extraídas del modelo de elevación digital generado a partir de imágenes satelitales de alta resolución del sensor WorldView-2, ver Figura 6.

Datos de la microcuenca: Área = 19.36 km², Perímetro = 21.74 km y Caudal (Q) = 1.896 m³/s.

Figura 6

Microcuenca Ananea



Nota. La hidrografía y cartografía de elaboración propia toma como base la imagen satelital del satélite Wordlview-2, con fecha 24 de septiembre del 2020.

Para la identificación de las principales fuentes contaminantes en la microcuenca Ananea, se aplicó los lineamientos para la identificación y seguimiento de fuentes contaminantes relacionadas con los recursos hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2018), aprobada con Resolución Jefatural N° 136-2018-ANA. Se evaluó la información de los instrumentos ambientales aprobados en la microcuenca, contrastado con la información de campo durante los servicios de monitoreo trimestral.

Tabla 2

Clasificación de fuentes contaminantes

Por su origen	Por su naturaleza	Por su tipo
Fuente Contaminante Natural	Aguas Naturales	Aguas minero medicinales (termal, mineral, termo mineral), procedentes de la desglaciación, aguas de drenaje pluvial.
	Depósitos Naturales	Depósitos no minerales, de sal, de carbón.
	Aguas Residuales	Agroindustrial, agropecuaria, doméstica, energética hospitalaria, industrial, minero-metalúrgica, municipal, de rechazo (salmuera), de limpieza y mixta
Fuente Contaminante Antropogénica	Residuos Sólidos	De gestión municipal, de gestión no municipal peligrosos, de gestión no municipal no peligrosos.
	Sustancias descargadas “in situ”	Procedentes de lavado de ropa, vehículos, agregados (no metálicos, material acarreo), cilindros, plásticos, alimentos, incorporación de alimentos para peces en jaulas de cultivo, descargas y trasegado de combustibles, descargas fortuitas (derrames).

Nota. Resolución Jefatural N° 136-2018-ANA

La actividad productiva que se realiza dentro de la microcuenca es en su mayoría de minería formal y minería informal; la minería formal solo incluye a la Unidad Minera Untuca de la empresa Coripuno S.R.L. y la minería informal está compuesta por los Anexos Cochapata, Lactapta y San Miguel. La población local a parte de la minería informal también realiza las actividades de ganadería y agricultura en menor medida con fines de subsistencia.

Las principales fuentes de contaminación son antrópicas producto de la actividad minera se componen por los componentes mineros de explotación, acarreo de mineral, almacenamiento de mineral e infraestructuras de manejo de aguas de uso industrial y efluentes domésticos de los campamentos mineros por parte de la empresa minera; otras fuentes de contaminación por parte de la población son los residuos sólidos, lavado de vehículos, lavado de ropa, entre otros. En las Tablas 3 y 4 se ubican los componentes que pueden generar contaminación.

Tabla 3*Componentes Mineros de la Unidad Minera Untuca*

Tipo	Componente	Coordenadas		Estado
		UTM WGS-84 – 19S Este	Norte	
Tajo abierto	Tajo Abierto Cerro La Torre	456 677	8 387 086	Ejecutado/ No operativo
Tajo abierto	Tajo Abierto Pulluncuyoc	457 921	8 388 477	Ejecutado/ No operativo
Labor subterránea	Bocamina Superior Santa Rosa	457 689	8 388 197	Ejecutado
Labor subterránea	Bocamina Inferior Santa Rosa	457 671	8 388 021	Ejecutado
Labor subterránea	Bocamina Superior Pomarani	457 313	8 387 612	Ejecutado
Labor subterránea	Bocamina Intermedia Pomarani	457 344	8 387 538	Ejecutado
Labor subterránea	Bocamina Inferior Pomarani	457 369	8 387 497	Ejecutado
Labor subterránea	Bocamina 4409 - Pomarani	458 210	8 387 454	Ejecutado / No operativo
Planta de beneficio	Planta de Beneficio Untuca	458 345	8 387 329	Ejecutado
Planta de beneficio	Cancha de Gruesos	458 316	8 387 256	Ejecutado
Planta de beneficio	Pad de Lixiviación	458 535	8 387 343	Ejecutado / No operativo
Planta de beneficio	Ore Sorting	457 320	8 387 324	Ejecutado

Tipo	Componente	Coordenadas		Estado
		UTM WGS-84 – 19S Este	Norte	
Depósito de relaves	Depósito de Relaves Filtrados	458 870	8 387 808	Ejecutado
Depósito de desmonte	Depósito de Mineral de Baja Ley Pomarani	457 817	8 387 713	No Ejecutado
Depósito de desmonte	Depósito de Mineral de Baja Ley Yesica	457 553	8 387 382	Ejecutado
Depósito de desmonte	Botadero 2	456 501	8 387 337	Ejecutado
Depósito de desmonte	Botadero 3	456 499	8 386 822	Ejecutado / No operativo
Cantera	Cantera de Material Z	457 993	8 386 073	Ejecutado
Cantera	Cantera de Material Campamento	458 635	8 387 302	Ejecutado / No operativo
Cantera	Cantera Quillapata	459 727	8 387 945	Ejecutado
Infraestructura para el manejo de agua industrial	Pozas de Aguas de Infiltración	459 454	8 388 174	Ejecutado

Nota. Adaptado de los Instrumentos de gestión ambiental aprobados, 2023. Unidad Fiscalizable Untuca.

Tabla 4

Puntos de vertimiento de origen doméstico

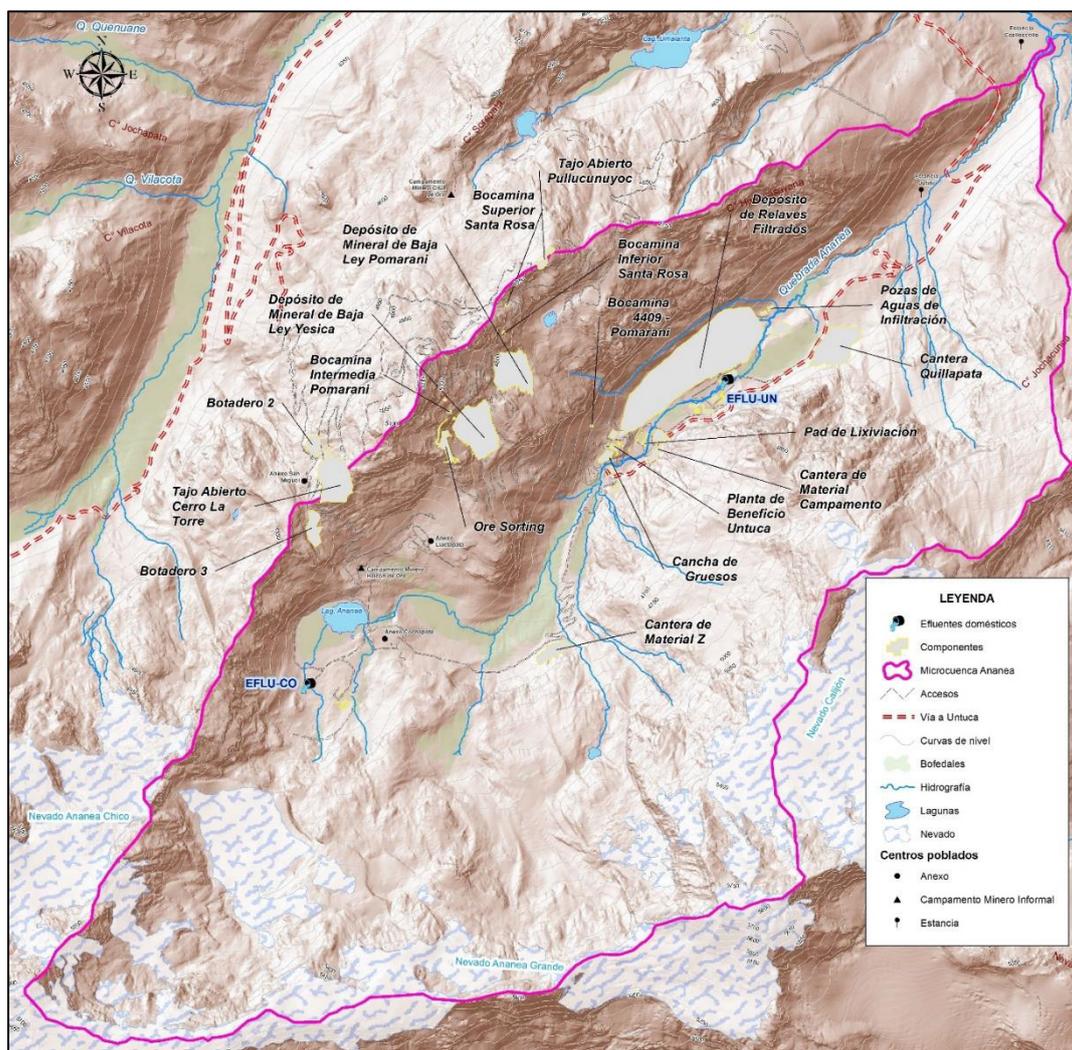
Puntos	Descripción	Coordenadas	
		UTM WGS-84 – 19S Este	Norte
EFLU-UN	Punto de vertimiento del sistema de tratamiento de agua residual domestica - Untuca	459 034	8 387 720
EFLU-CO	Punto de vertimiento del sistema de tratamiento de agua residual domestica - Cochapata	456 481	8 385 850

Nota. 2do ITS aprobado con R.D. No 513-2015-MEM-DGAAM.

Las fuentes de contaminación minera son representadas como polígonos en la superficie de la microcuenca con el objetivo de correlacionar los cuerpos de agua que colindan la hidrografía y las probables fuentes de contaminación.

Figura 7

Fuentes de contaminación de la microcuenca Ananea



2.4.4 Fuente de información para el monitoreo

Esta información fue recopilada de los informes de monitoreo trimestrales elaborados por la consultora Hygeomin Perú S.A.C. para la empresa Coripuno S.R.L. los cuales son presentados al Ministerio de Energía y Minas (MEM) y a la autoridad de fiscalización OEFA.

Los informes de monitoreo trimestrales contienen en su Anexo N° 2 los informes de ensayo emitidos por el laboratorio SGS del Perú S.A.C. y el laboratorio EQUAS S.A.; se hizo uso de los resultados de los cuatro trimestres del año 2021 al 2023. Estos datos fueron procesados en tablas que están adjuntadas en el Anexo B.

2.4.5 Estaciones de monitoreo

Las estaciones de monitoreo seleccionadas están aprobadas en el primer Informe de Técnico Sustentatorio en relación al Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto “Ampliación de la explotación a tajo abierto y beneficio de minerales hasta 3500 TMS/D” de la Unidad Minera Untuca, de Cori Puno S.A.C. (actualmente Coripuno S.R.L.) aprobado mediante R.D. No. 614-2014-MEM-DGAAM con fecha del 18 de diciembre del 2014.

En la Tabla 5 se describe la ubicación de las estaciones de monitoreo está contiene el código de la estación y sus coordenadas proyección UTM y sistema WGS 84; en el Anexo A se adjunta el mapa de la microcuenca Ananea, el mapa de ubicación de las estaciones y el mapa de fuentes de contaminación por actividad minera.

Tabla 5

Ubicación de las estaciones de calidad de agua superficial

Puntos	Descripción	Coordenadas	
		UTM WGS-84 – 19S Este	Norte
CW-1	Antes del ingreso a la laguna Ananea	456 516	8 386 050
CW-2	Después de la laguna Ananea	456 857	8 386 231
CW-3	Después de la zona industrial de la Qda. Ananea	459 124	8 386 231
CW-4	Pulluncuyoc bocatoma, antes del canal coronación	458 454	8 387 630
CW-5	Qda Ananea (Apacheta)	458 310	8 387 164
CW-6	Punto de control final en la Qda. Ananea	459 527	8 388 340
CW-7	Poza de intercepción	459 032	8 387 918
CW-9	Frente a campamento	458 582	8 387 425
CW-10	Planta de Tratamiento de aguas residuales	459 030	8 387 720

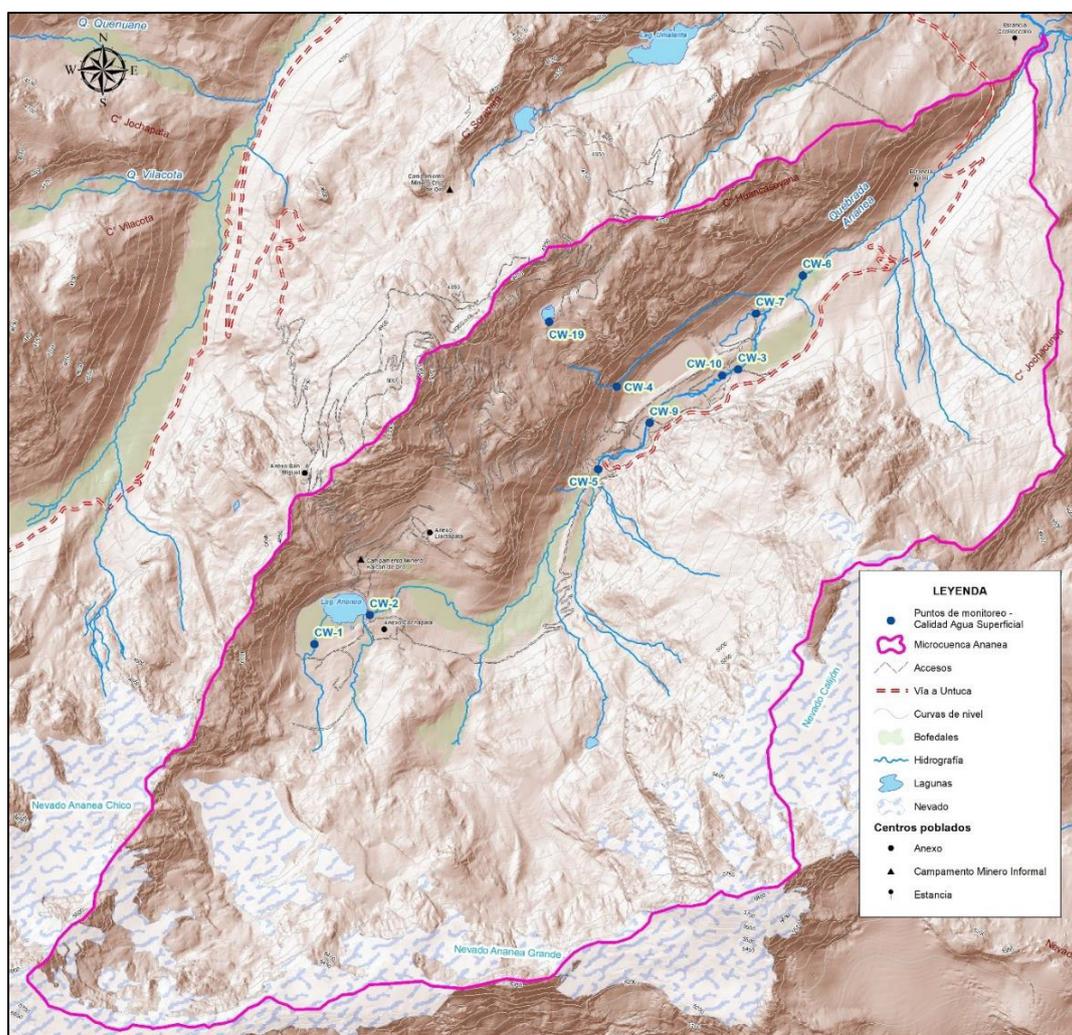
Puntos	Descripción	Coordenadas	
		UTM WGS-84 – 19S Este	Norte
CW-19	Orillas de la laguna Huancasayane	457 963	8 388 053

Nota. Adaptado “Resolución Directoral No. 614-2014-MEM-DGAAM” (pág. 19), Ministerio de Energía y Minas (MEM), 2014, programa de monitoreo ambiental tabla 7.

Se presenta la distribución de las estaciones de monitoreo para la red de monitoreo de la microcuenca Ananea, ver Figura 8.

Figura 8

Ubicación de estaciones de monitoreo en la microcuenca Ananea



2.4.6 Parámetros evaluados

Los parámetros analizados durante las campañas de monitoreo son los siguientes:

- Parámetros físico-químicos: potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto y cianuro libre.
- Parámetros inorgánicos metálicos: aluminio (Al), arsénico (As), bario (Ba), berilio (Be), boro (B), cadmio (Cd), cobre (Cu), cobalto (Co), cromo (Cr), hierro (Fe), litio (Li), magnesio (Mg), manganeso (Mn), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb), selenio (Se) y zinc (Zn).
- Parámetros microbiológicos: coliformes totales y coliformes termotolerantes.

2.4.7 Estándares de comparación

Los parámetros son comparados con la normativa establecida por el Ministerio de Ambiente (MINAM) que regula valores límites de comparación contemplados en las tablas del Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM que aprueban “Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias” siendo aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Dentro de la microcuenca Ananea existen cuerpos de agua que fueron clasificados dentro de la Categoría 3 mediante el instrumento de gestión ambiental de la Unidad Minera Untuca. En la Tabla 6 se detallan los parámetros y sus valores límites para las dos subcategorías: riego de vegetales y bebida de animales.

Tabla 6*Categoría 3 - ECA para agua*

Parámetro	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de Animales
FÍSICO-QUÍMICOS				
Cianuro libre	mg/L	**		**
Conductividad	(μ S/cm)	2,500		5,000
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unid. pH	6.5 – 8.5		6.5 – 8.4
Temperatura	$^{\circ}$ C	$\Delta 3$		$\Delta 3$
INORGÁNICO				
Aluminio	mg/L	5		5
Arsénico	mg/L	0.1		0.2
Bario	mg/L	0.7		**
Berilio	mg/L	0.1		0.1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0.01		0.05
Cobre	mg/L	0.2		0,5
Cobalto	mg/L	0.05		1
Cromo Total	mg/L	0.1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2.5		2.5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0.2		0.2
Mercurio	mg/L	0.001		0.01
Níquel	mg/L	0.2		1
Plomo	mg/L	0.05		0.05

Parámetro	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de Animales
Selenio	mg/L	0.02		0.05
Zinc	mg/L	2		24
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1,000	2,000	1,000
Coliformes Totales	NMP/100ml	**	**	**

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

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

El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

Nota. Adaptado del D.S. N.º 004-2017-MINAM (Ministerio del ambiente, 2017)

2.5 Resultados

Los resultados de los parámetros físico-químicos e inorgánicos de la calidad de agua superficial en la Unidad Minera Untuca, específicamente para las estaciones de monitoreo que se distribuyen dentro de la microcuenca Ananea ubicadas en los principales cuerpos de agua, son comparados con los valores límites de la Categoría 3 – D1 y D2 de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.

2.5.1 Parámetros físico-químicos

De la comparación de los valores límites para los cinco (5) parámetros registrados en los cuerpos de agua de la microcuenca Ananea, se obtuvo que dos (2) parámetros pH y oxígeno disuelto se encontraron fuera del rango de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua -

Categoría 3. Mientras que los otros tres (3) parámetros registrados: temperatura, conductividad y cianuro libre, cumplen con los ECA para agua de la categoría 3.

2.5.1.1 Potencial de hidrógeno (pH). El registro de datos para este parámetro fue de 119 valores, el rango vario de un valor mínimo de 3.98 unidades pH en CW-10 (IV Trimestre 2022) hasta un valor máximo de 8.39 unidades pH en CW-7 (IV Trimestre 2023).

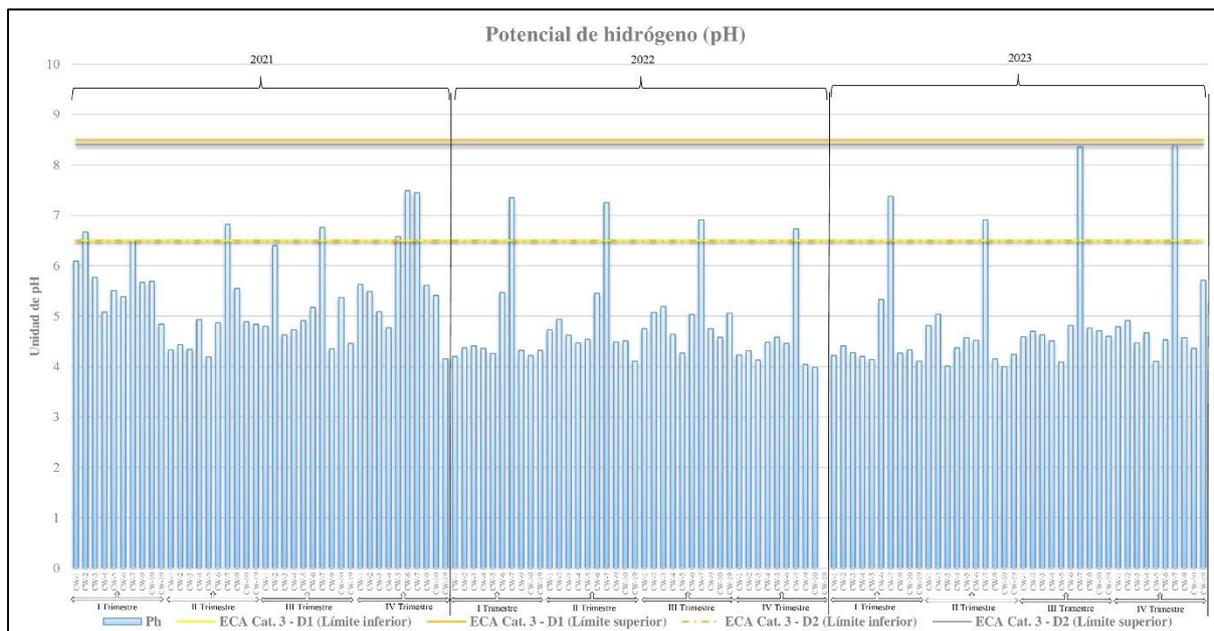
Se establecen que para los ECA Categoría 3-D1 el rango va de 6.5 a 8.5 unidades pH y para la Categoría 3-D2 va de 6.5 a 8.4 unidades pH. De la comparación da como resultado que el 87 % de los datos están por debajo del rango optimo del ECA para la Cat. 3-D1 y Cat. 3-D2. En la Figura 9 se presentan los resultados obtenidos en los monitoreos.

Cabe indicar, que los valores de pH tienen una tendencia ácida en la microcuenca Ananea producto de una contaminación natural, estas aguas provienen del Nevado Ananea registrando estos valores ácidos desde las estaciones CW-1 y CW-2 en la parte alta de la microcuenca antes de cualquier actividad antrópica.

La variación tan marcada entre el mínimo y máximo valor registrado se debe a la estación CW-7, esta estación monitorea las aguas de infiltración que pasan por debajo del depósito de relaves, se utilizan pozas para almacenarlas con el fin de recibir un tratamiento con hipoclorito de calcio y así elevar el pH a valores alcalinos.

Figura 9

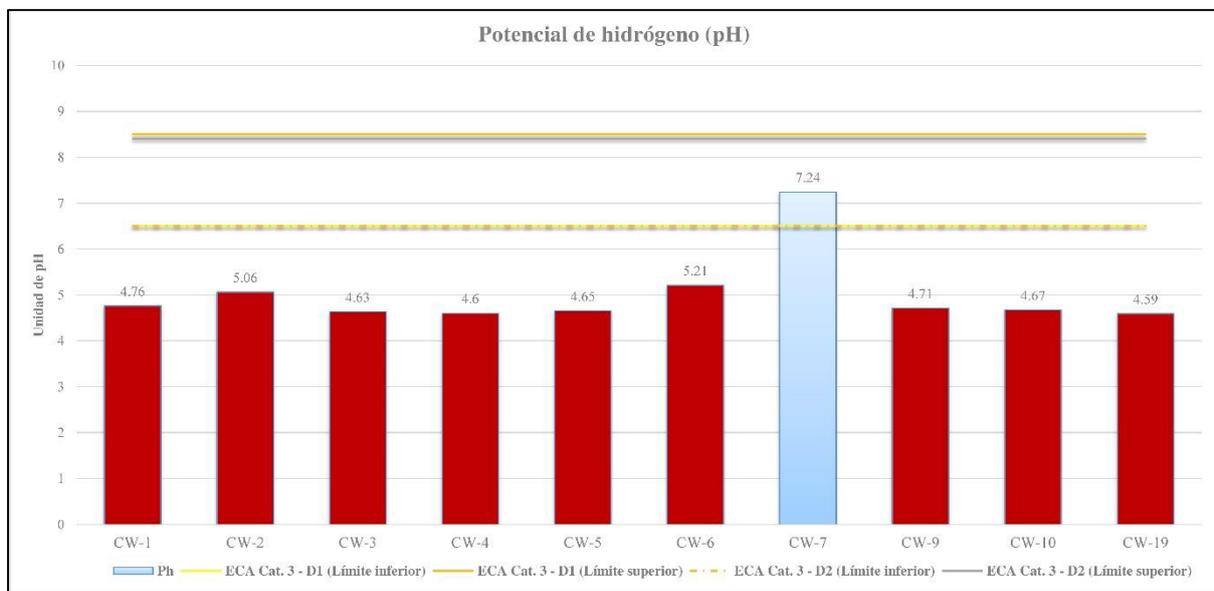
Resultados del potencial de hidrógeno para el período 2021-2023



Luego del cálculo de los promedios para cada estación dio como resultado valores que van desde 4.59 unidades pH en la estación CW-19 hasta un valor de 7.24 unidades pH en la estación CW-7. Ver Figura 10.

Figura 10

Valores promedios de pH en las estaciones de monitoreo

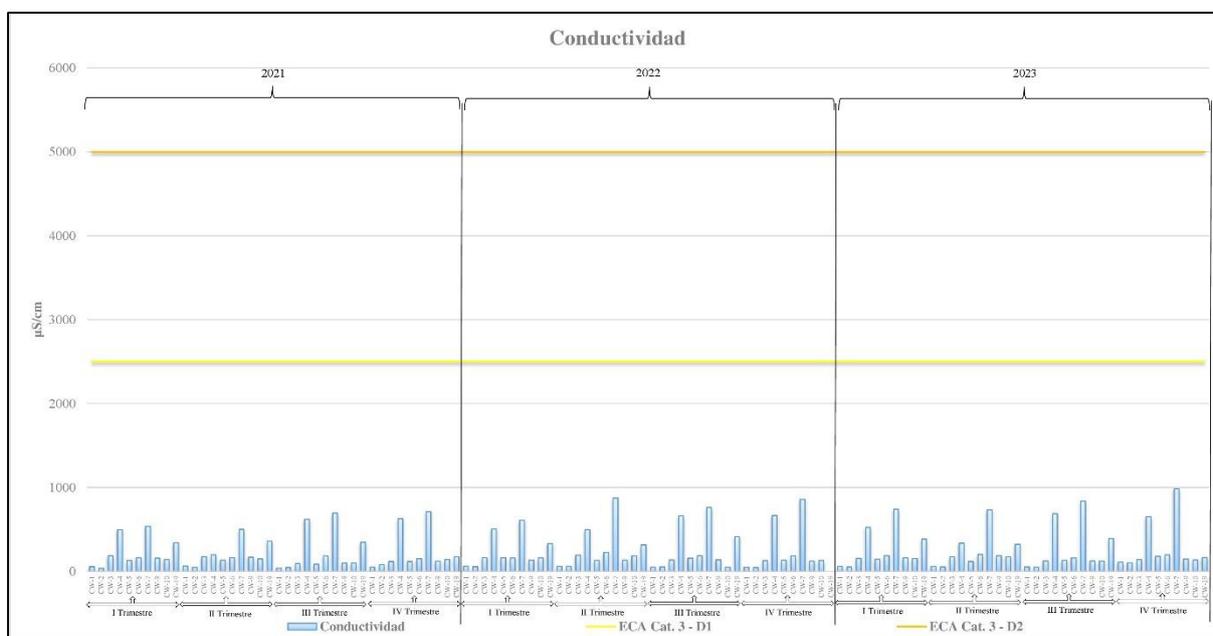


2.5.1.2 Conductividad. El registro de datos para este parámetro fue de 119 valores, el rango vario de un valor mínimo de 36.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en CW-2 (I Trimestre 2021) hasta un valor máximo de 985 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en CW-7 (IV Trimestre 2023).

Se establecen que para los ECA Categoría 3-D1 es 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y para la Categoría 3-D2 es 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De la comparación da como resultado que el 0% de los datos presentan excedencias en los ECA para la Categoría 3-D1 y Categoría 3-D2. Los resultados están representados en la Figura 11.

Figura 11

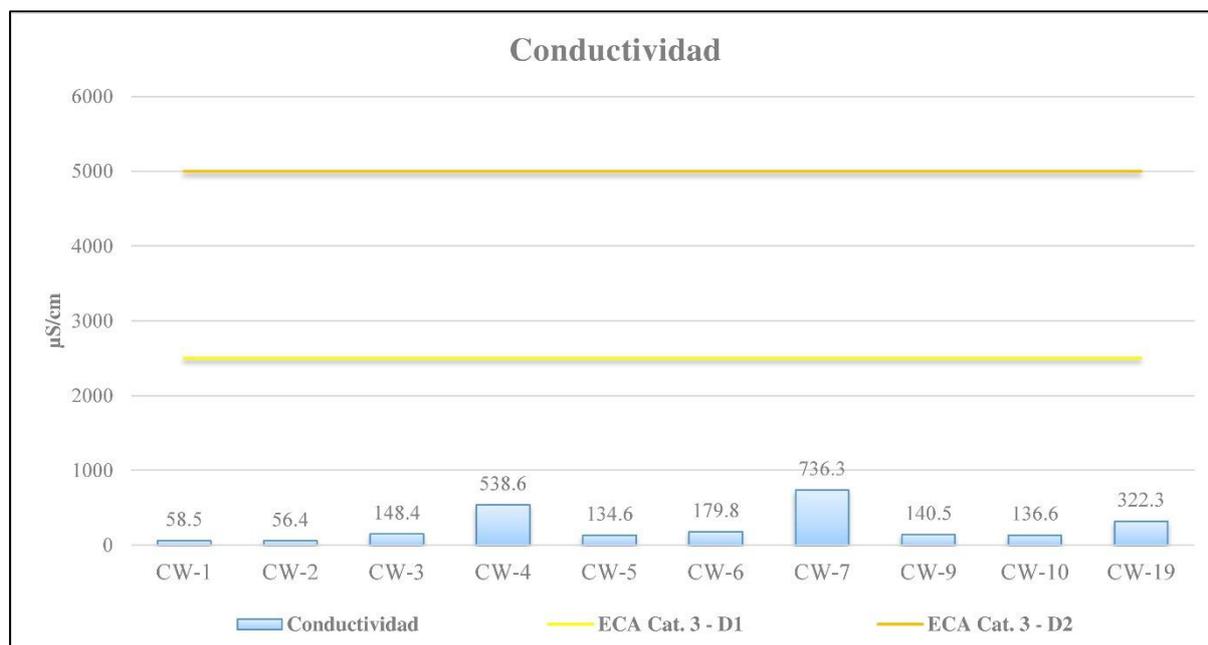
Resultados de conductividad eléctrica para el período de monitoreo 2021-2023



Luego del cálculo de los promedios para cada estación dio como resultado valores que van desde 56.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en CW-2 hasta un valor de 736.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en CW-7. Ver Figura 12.

Figura 12

Valores promedios de conductividad en las estaciones de monitoreo



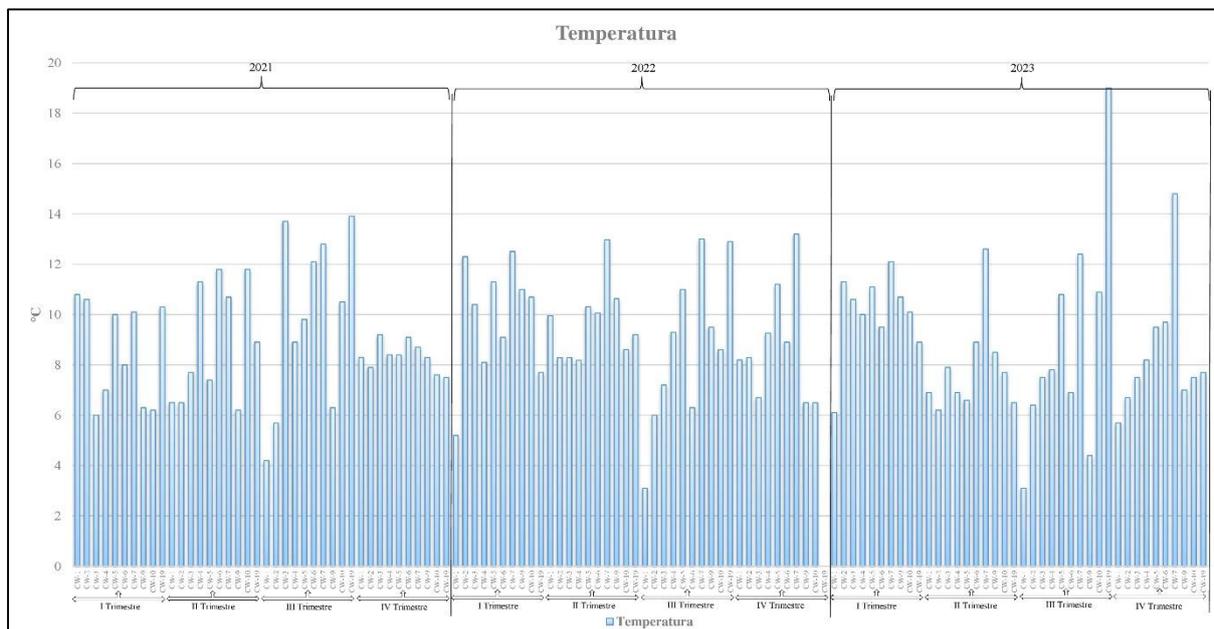
2.5.1.3 Temperatura. El registro de datos para este parámetro fue de 119 valores, el rango vario de un valor mínimo de 3.1 °C en CW-1 (III Trimestre 2022) hasta un valor máximo de 19.0 °C en CW-19 (III Trimestre 2023).

Se establecen que para los ECA Categoría 3-D1 y la Categoría 3-D2 contempla una variación de 3°C con respecto al promedio mensual multianual de los cuerpos de agua del área evaluada. Los resultados están representados en la Figura 13.

Cabe señalar que, al no contar con unos datos mensual de los cuerpos de agua en la microcuenca no se pudo realizar el promedio mensual multianual de la temperatura.

Figura 13

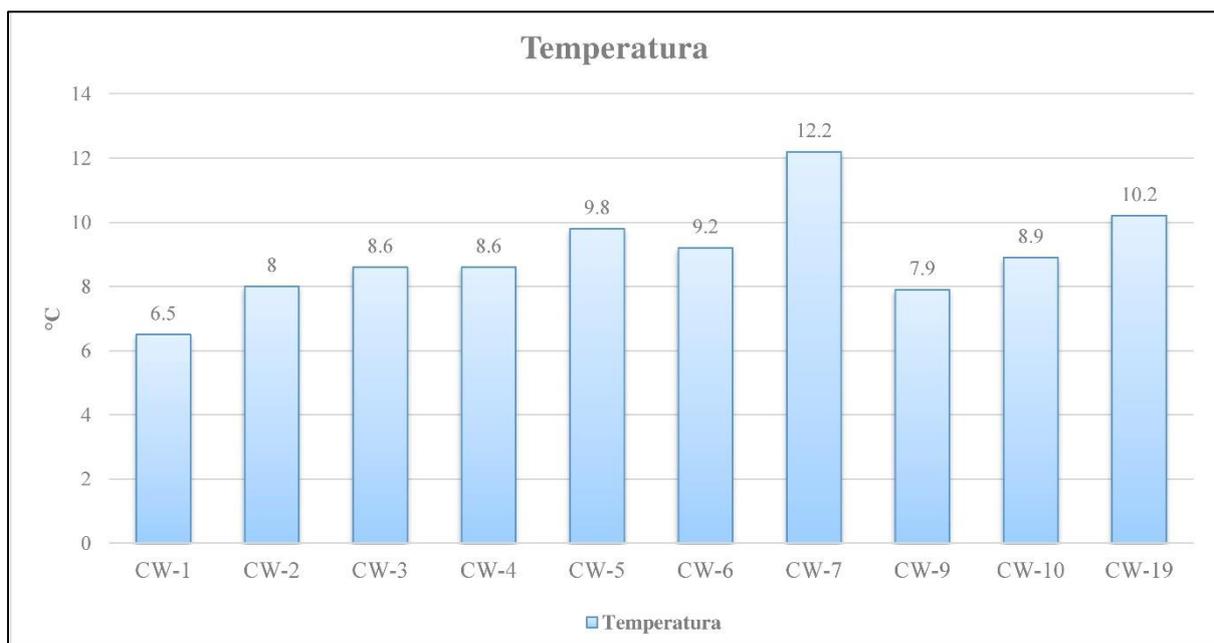
Resultados de temperatura para el período de monitoreo 2021-2023



Luego del cálculo de los promedios para cada estación dio como resultado valores que van desde de 6.5 °C en CW-1 hasta un valor de 12.2 °C en CW-7. Ver Figura 14.

Figura 14

Valores promedios de temperatura en las estaciones de monitoreo

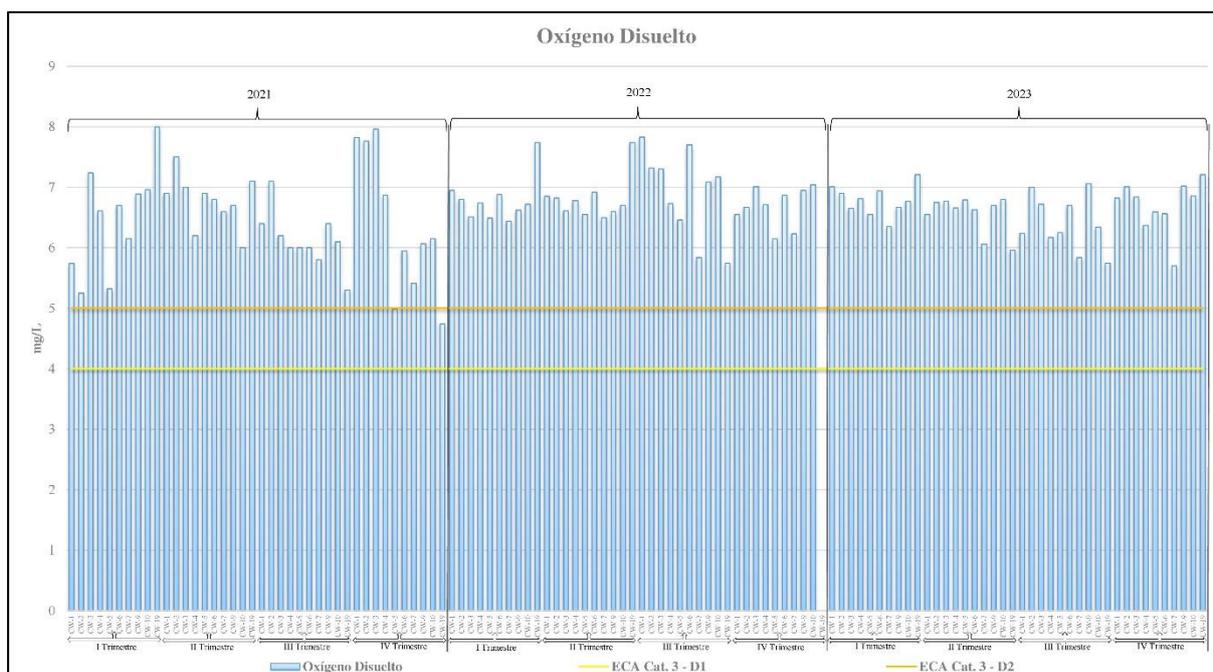


2.5.1.4 Oxígeno Disuelto. El registro de datos para este parámetro fue de 119 valores, el rango vario de un valor mínimo de 4.74 mg/L en CW-19 (IV Trimestre 2021) hasta un valor máximo de 8 mg/L en CW-19 (I Trimestre 2021).

Se establecen que para los ECA Categoría 3-D es mayor o igual a 4 mg/L y para los ECA Categoría 3-D2 es mayor o igual 5 mg/L. De la comparación da como resultado que el 0% de los datos no presentaron concentraciones menores al umbral de los ECA para la Categoría 3-D1 y un 2% (2 valores) presentaron concentraciones por debajo del umbral de los ECA para la Categoría 3-D2. Los resultados están representados en la Figura 15.

Figura 15

Resultados de oxígeno disuelto para el período de monitoreo 2021-2023

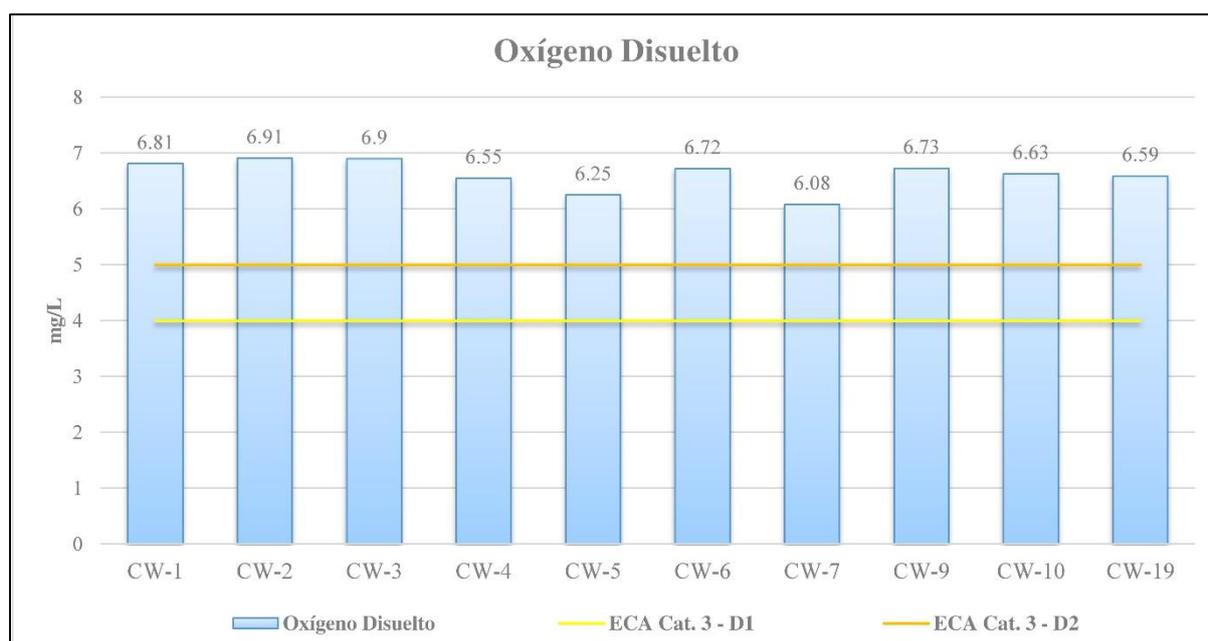


Nota. Se registró 2 valores fuera del ECA Cat. 3 D-2 para las estaciones CW-5 y CW-19, siendo valores atípicos considerando el total de datos analizados.

Luego del cálculo de los promedios para cada estación dio como resultado valores que van desde 6.08 mg/L en CW-7 hasta un valor de 6.91 mg/L en CW-2. Ver Figura 16.

Figura 16

Valores promedios de oxígeno disuelto en las estaciones de monitoreo



2.5.2 Parámetros inorgánicos

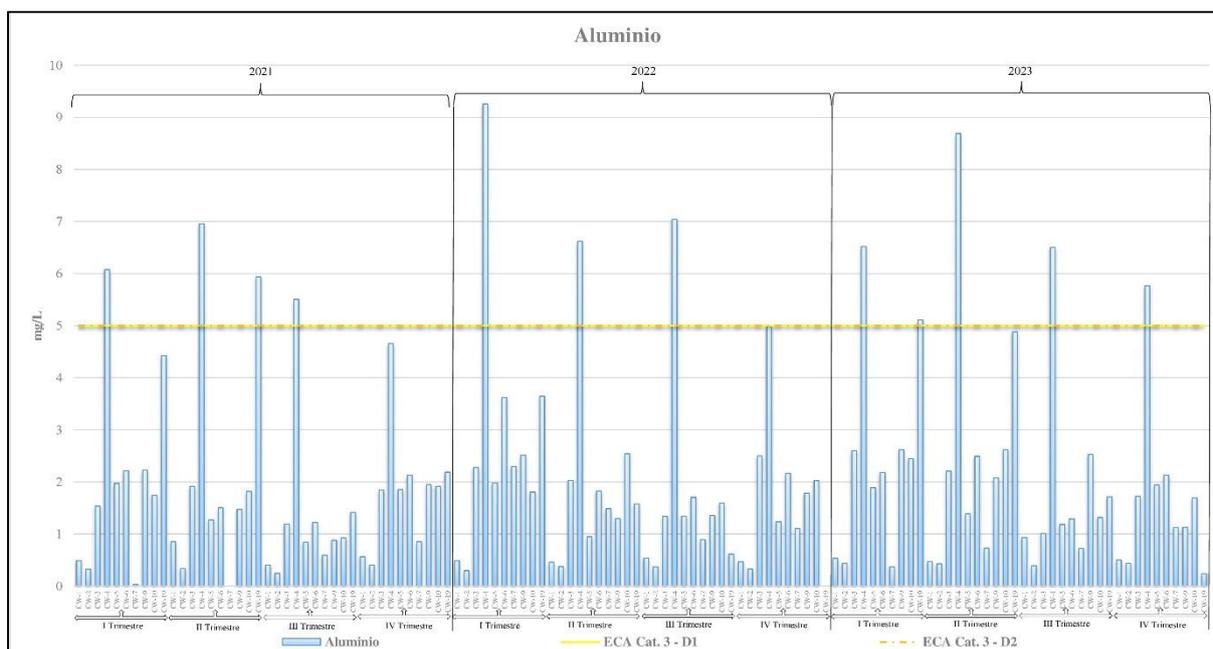
De la comparación de los valores límites para los dieciocho (18) parámetros inorgánicos registrados en los cuerpos de agua de la microcuenca Ananea, se obtuvo que cuatro (4) parámetros se encuentran excediendo los Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Categoría 3, estos parámetros son: el aluminio, el manganeso, el níquel y el zinc. Para los otros 14 parámetros no registraron valores por encima de los ECA de agua - Categoría 3, estos parámetros fueron: el arsénico, el bario, el berilio, el boro, el cadmio, el cobre, el cobalto, el cromo, el hierro, el litio, el magnesio, el mercurio, el plomo y el selenio.

2.5.2.1 Aluminio. El registro de datos para este parámetro fue de 119 valores, el rango va desde valores por debajo del límite de detección resultado de las metodologías empleadas por el laboratorio (< 0.047 mg/L) en el 1 % de los datos hasta un valor máximo de 9.255 mg/L en CW-4 (I Trimestre 2022).

Se establecen que para los ECA Categoría 3-D1 es 5 mg/L y para la Categoría 3-D2 es 5 mg/L. De la comparación da como resultado que el 10 % excedieron la concentración del ECA para la Categoría 3-D1 y Categoría 3-D2. En el Figura 17 se detalla los valores registrados en los monitoreos.

Figura 17

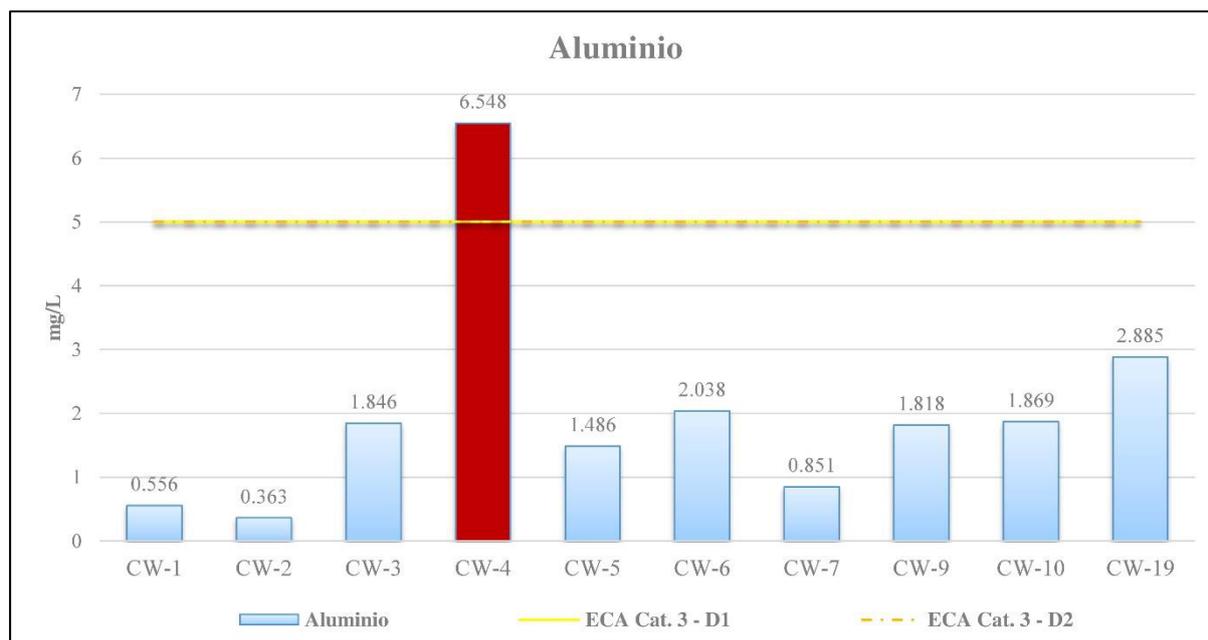
Resultados de aluminio para el período de monitoreo 2021-2023



Luego del cálculo de los promedios para cada estación dio como resultado valores que van desde 0.363 mg/L en CW-2 hasta un valor de 6.548 mg/L en CW-4. Ver Figura 18.

Figura 18

Valores promedios de aluminio en las estaciones de monitoreo

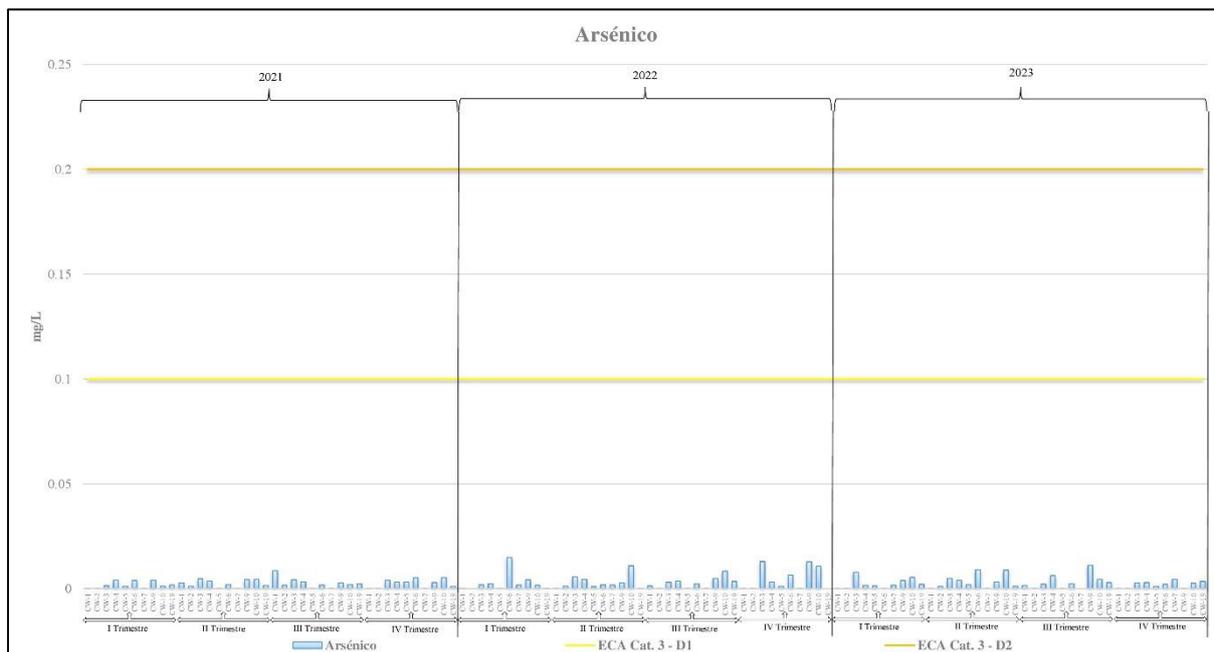


2.5.2.2 Arsénico. El registro de datos para este parámetro fue de 119 valores, el rango va desde valores por debajo del límite de detección resultado de las metodologías empleadas por el laboratorio (< 0.00010 mg/L) en el 28 % de los datos hasta un valor máximo de 0.01486 mg/L en CW-6 (I Trimestre 2022).

Se establecen que para los ECA Categoría 3-D1 es 0,1 mg/L y para la Categoría 3-D2 es 0.2 mg/L. De la comparación da como resultado que el 0 % no presentan excedencias para los ECA para la Categoría 3-D1 y Categoría 3-D2. En el Figura 19 se detalla los valores registrados en los monitoreos.

Figura 19

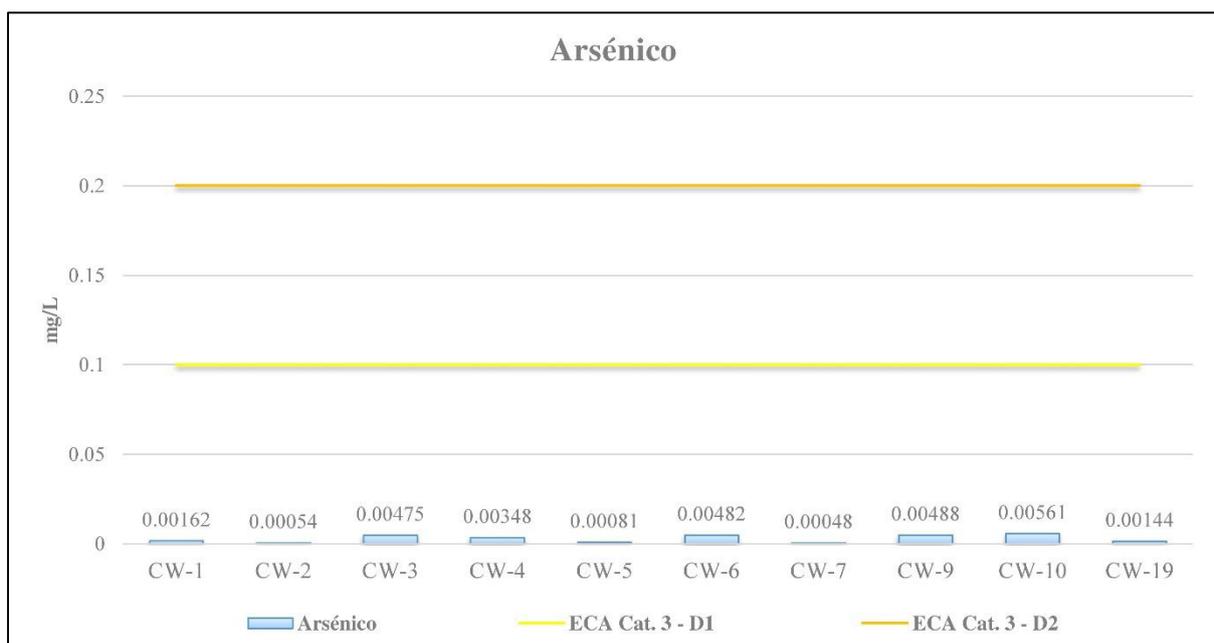
Resultados de arsénico para el período de monitoreo 2021-2023



Luego del cálculo de los promedios para cada estación dio como resultado valores que van desde máximo de 0.0561 mg/L en CW-10. Ver Figura 20.

Figura 20

Valores promedios de arsénico en las estaciones de monitoreo

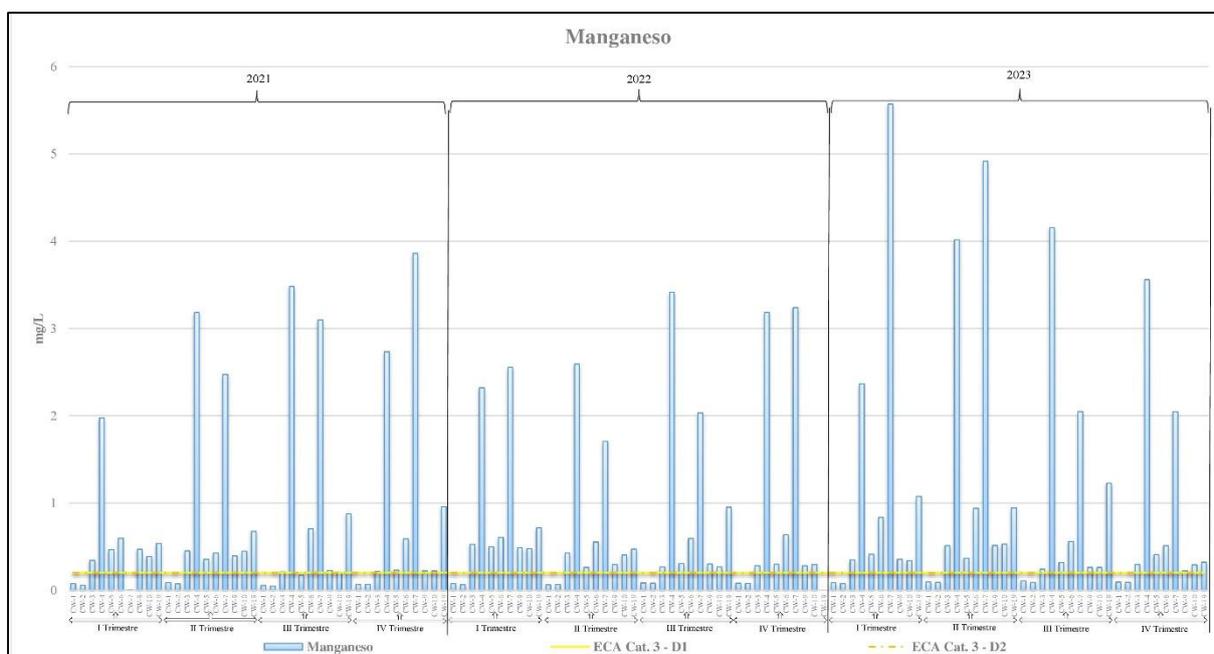


2.5.2.3 Manganeso. El registro de datos para este parámetro fue de 119 valores, el rango vario de un valor mínimo de 0.0052 mg/L en CW-7 (I Trimestre 2021) hasta un valor máximo de 5.5714 mg/L en CW-7 (I Trimestre 2023).

Se establecen que para los ECA Categoría 3-D1 y D2 es 0.2 mg/L. De la comparación da como resultado que el 78 % (93 valores) excedieron la concentración del ECA para la Categoría 3-D1 y Categoría 3-D2. En la Figura 21 se detalla los valores registrados en los monitoreos.

Figura 21

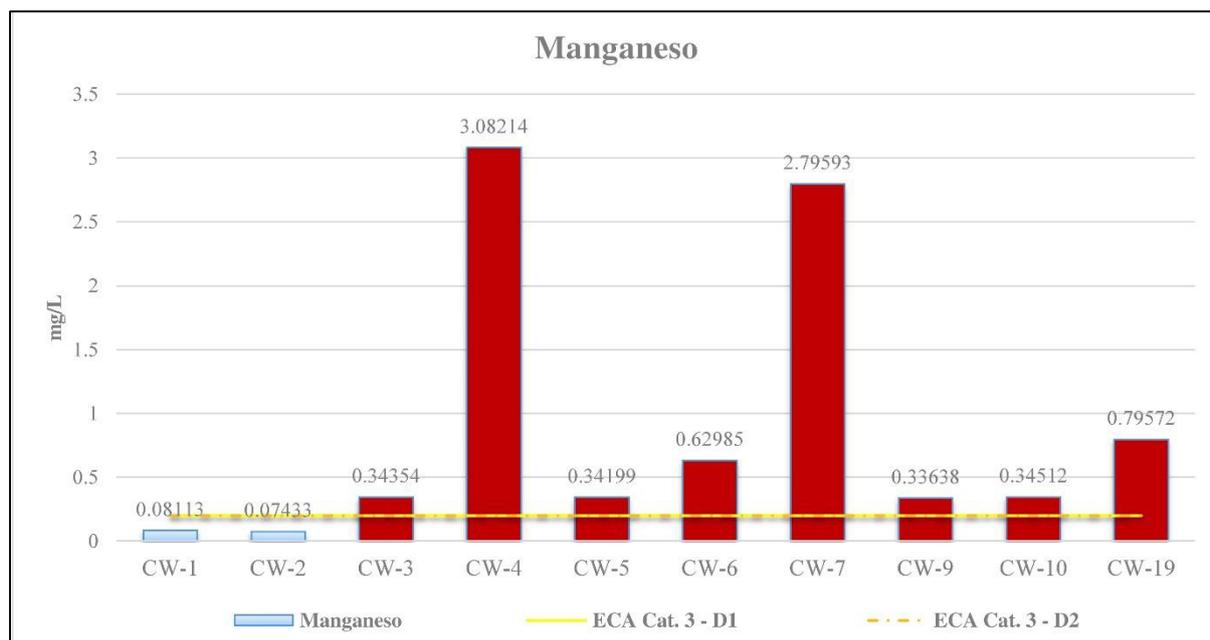
Resultados de manganeso para el período de monitoreo 2021-2023



Luego del cálculo de los promedios para cada estación dio como resultado valores que van desde 0.0743 mg/L en CW-2 hasta un valor máximo de 3.0821 mg/L en CW-4. Ver Figura 22.

Figura 22

Valores promedios de manganeso en las estaciones de monitoreo

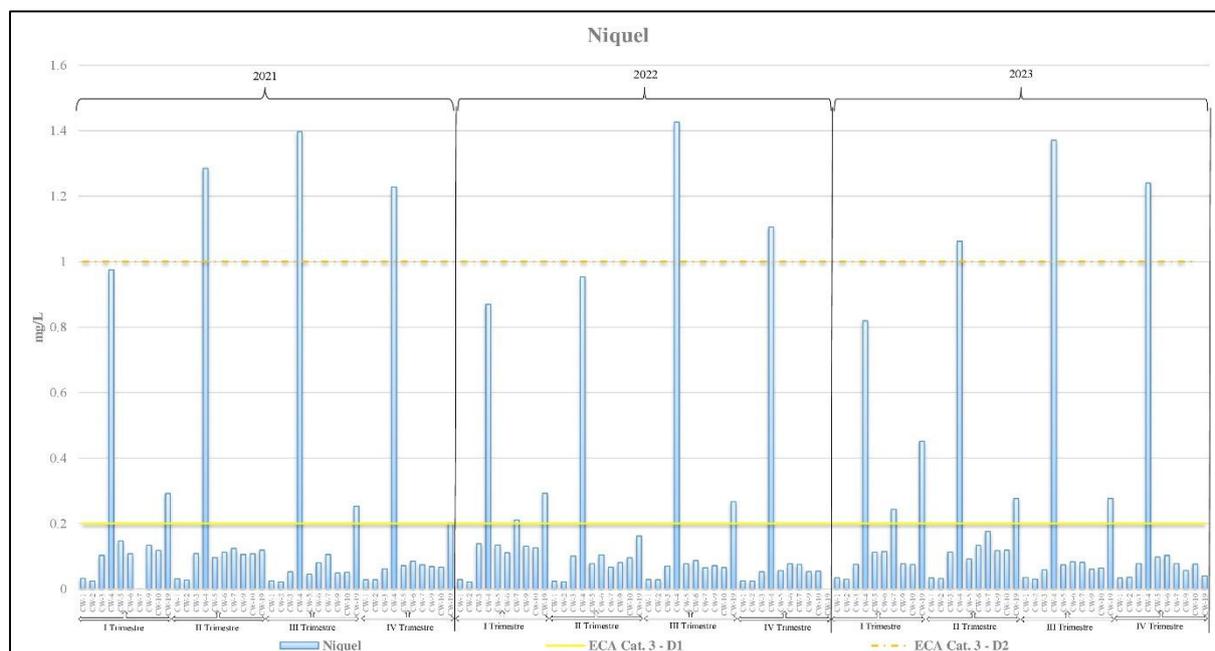


2.5.2.4 Níquel. El registro de datos para este parámetro fue de 119 valores, el rango vario de un valor mínimo de 0.0009 mg/L en CW-7 (I Trimestre 2021) hasta un valor máximo de 1.4262 mg/L en CW-4 (III Trimestre 2022).

Se establecen que para los ECA Categoría 3-D1 es 0.2 mg/L y para la Categoría 3-D2 es 1 mg/L. De la comparación da como resultado que el 18 % de los valores registrados excedieron la concentración del ECA para la Categoría 3-D1 y un 7% excedió la concentración para la Categoría 3-D2. En el Figura 23 se detalla los valores registrados en los monitoreos.

Figura 23

Resultados de níquel para el período de monitoreo 2021-2023

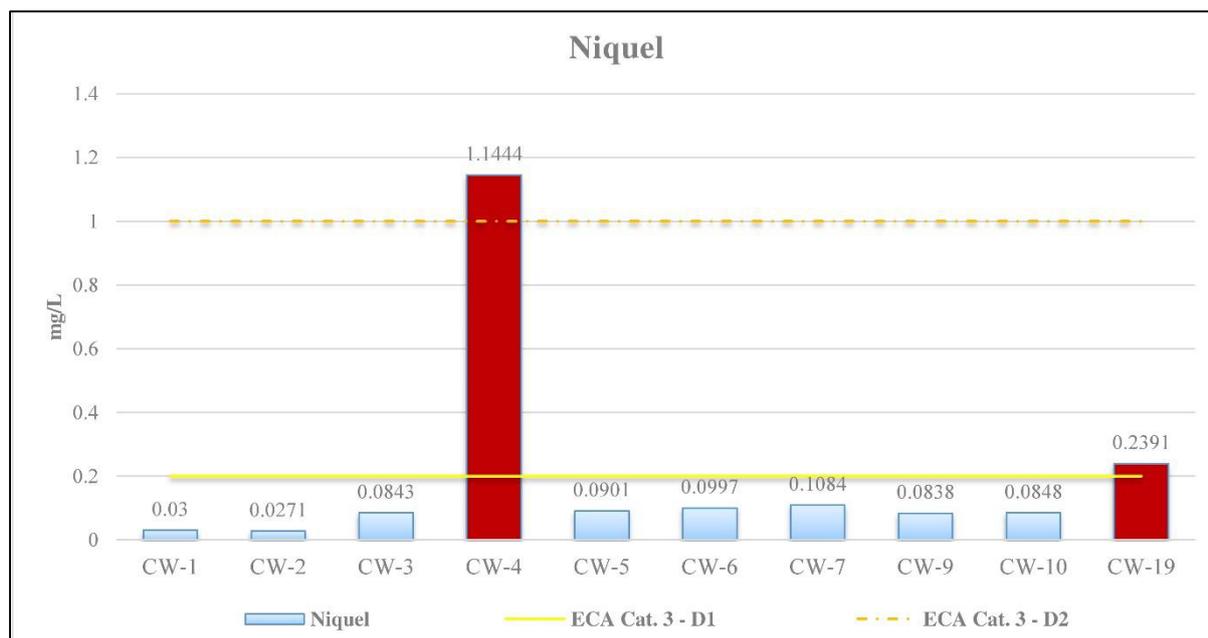


Nota. Se registró la excedencia del níquel para el ECA Cat. 3 D-1 en las estaciones CW-4 y CW-19 en los 3 años de monitoreo para casi todos los trimestres, siendo la concentración de la estación CW-4 superior al límite del ECA Cat. 3 D2 en 7 monitoreos.

Luego del cálculo de los promedios para cada estación dio como resultado valores que van desde 0.0271 mg/L en CW-2 hasta un valor de 1.1444 mg/L en CW-4. Ver Figura 24.

Figura 24

Valores promedios de níquel en las estaciones de monitoreo

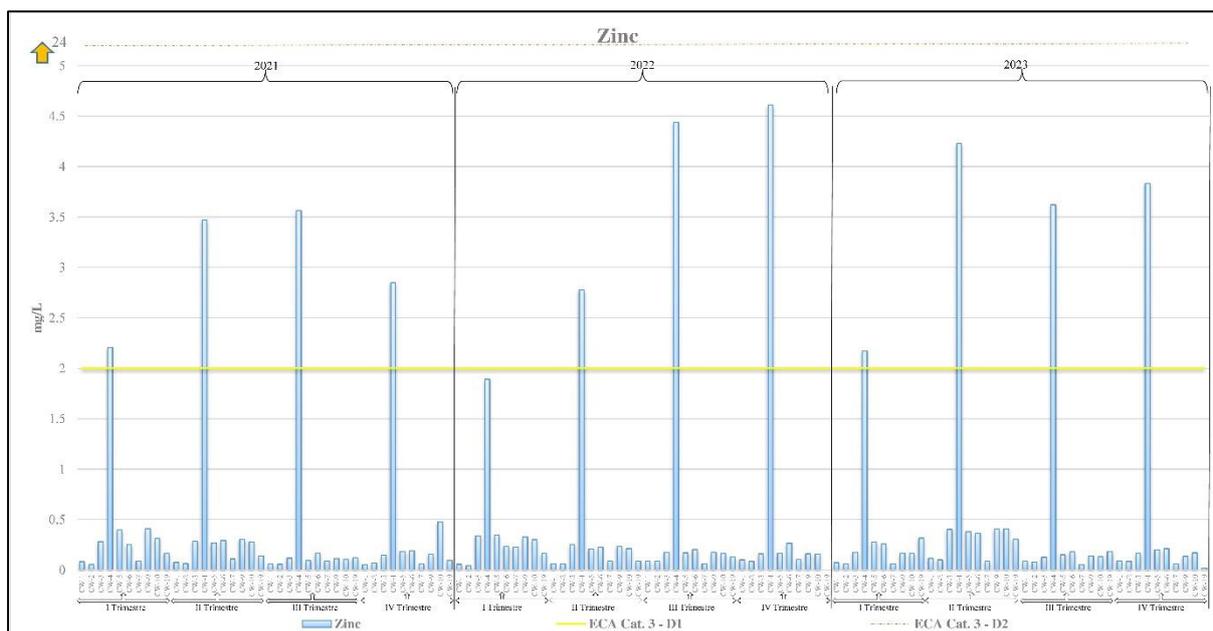


2.5.2.5 Zinc. El registro de datos para este parámetro fue de 119 valores, el rango vario de un valor mínimo de 0.0197 mg/L en CW-19 (IV Trimestre 2023) hasta un valor máximo de 4.6122 mg/L en la estación CW-4 (IV Trimestre 2022).

Se establecen que para los ECA Categoría 3-D1 es 2 mg/L y para la Categoría 3-D2 es 24 mg/L. De la comparación da como resultado que el 9 % (11 valores) todos en la misma estación CW-4 excedieron la concentración del ECA para la Categoría 3-D1 y no se presentaron excedencias al ECA para la Categoría 3-D2. En el Figura 25 se detalla los valores registrados en los monitoreos. La estación CW-4 que presenta contaminación por zinc está ubicada en la quebrada Pulluncuyoc.

Figura 25

Resultados de zinc para el período de monitoreo 2021-2023

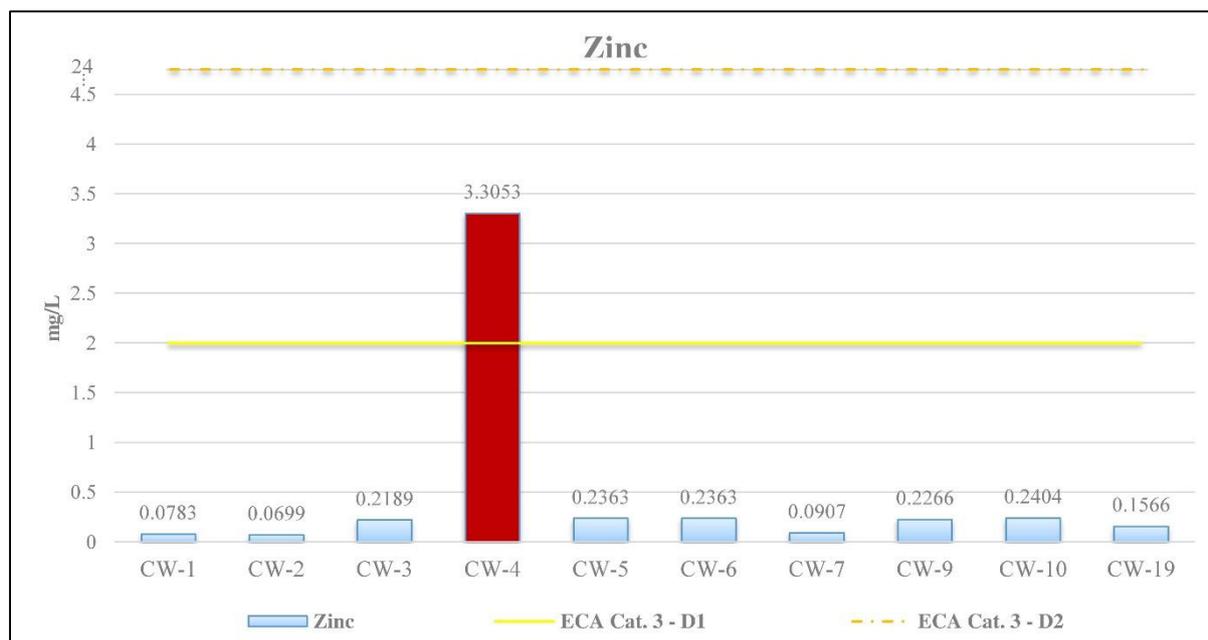


Nota. Se registró la excedencia del zinc para el ECA Cat. 3 D-1 en la estación CW-4 en todos los trimestres de los 3 años a excepción del I Trimestre del 2022.

Luego del cálculo de los promedios para cada estación dio como resultado valores que van desde 0.0699 mg/L en CW-2 hasta un valor de 3.3053 mg/L en CW-4. Ver Figura 26.

Figura 26

Valores promedios de zinc en las estaciones de monitoreo



2.6 Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos reflejan una correlación con los antecedentes mencionados, donde las actividades mineras han sido identificadas como principales fuentes de contaminación para las partes altas de las cuencas, esta contaminación se da parámetros inorgánicos metálicos.

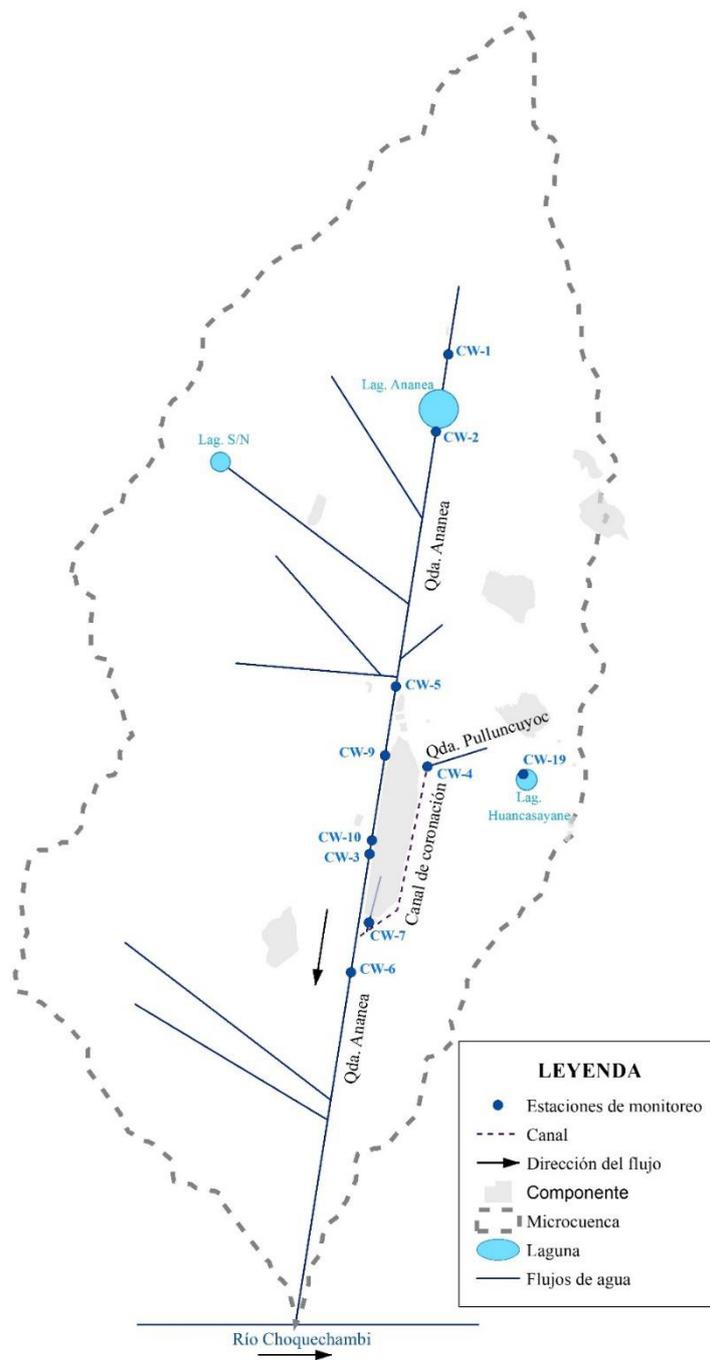
Los contaminantes inorgánicos metálicos más relevantes son el aluminio, manganeso, níquel y zinc; siendo el manganeso el parámetro que más predomina en las estaciones de la parte media de la microcuenca Ananea con valores promedios de las estaciones van desde 0.33638 mg/L a 3.08214 mg/L. Las estaciones ubicadas en la parte media son: CW-5, CW-9, CW-10, CW-3, CW-4, CW-7 y CW-6. Se presenta un diagrama hidrográfico de la microcuenca Ananea en la Figura 18.

La quebrada Pulluncuyoc registro la contaminación de aluminio, níquel y zinc para el 83%, 100% y 92% de valores analizados durante el período 2021-2023. La laguna

Huancasayane registro contaminación en 2 valores de aluminio y 8 valores níquel durante el período 2021-2023.

Figura 27

Diagrama hidrográfico



III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA

Durante los años que llevo formando parte de la Consultora Clean Technology S.A.C, he realizado los siguientes aportes:

- Elevé la calidad de la presentación de mapas temáticos, utilizando superficies de sombra para visualizar mejor el relieve y la aplicación de mejores simbologías mediante el uso de software de ArcGIS 10.8.
- Apliqué software Envi 5.3 para el procesamiento de imágenes satelitales con el fin de agilizar la recopilación de datos geoespaciales actualizados para los estudios ambientales.
- Apliqué los softwares ArcGIS 10.8 y Surfer 8.0 para el modelamiento espacial de contaminantes ambientales como suelo y ruido.
- Elaboré los formatos de cadenas de custodia para los monitoreos ambientales de agua y ruido para el registro y trazabilidad de los datos in situ en campo.
- Elaboré el procedimiento de los servicios de monitoreo dentro de la empresa para llevar un registro de los clientes, proveedores como los laboratorios y empresa de mantenimiento de equipos.

IV. CONCLUSIONES

- De la evaluación de la calidad de agua superficial en “microcuenca Ananea” se concluye que no hay presencia de parámetros contaminantes en la parte alta de la microcuenca Ananea, en cambio sí presento parámetros contaminantes en la parte media donde se ubica la Unidad Minera Untuca representada por las estaciones CW-5, CW-9, CW-10 y CW-3; otros cuerpos de agua en la parte media como la laguna Huancasayane y la quebrada Pulluncuyoc también presentaron contaminación estos cuerpos de agua discurren en dirección al canal de coronación del depósito de relaves para luego mezclarse con las aguas de la estación CW-7 y así ingresar a la quebrada principal Ananea la cual tiene como último punto de monitoreo la estación CW-6. Por lo indicado, se concluye que existe una relación directa entre la calidad del agua de la microcuenca con la actividad minera, debido a la contaminación por elementos inorgánicos metálicos.
- Se identificó las principales fuentes de contaminación como son los depósitos de desmonte de mineral, tajos abiertos y actividades como el acarreo de mineral provenientes de la unidad minera que se encuentran en la margen izquierda de la quebrada Ananea, afectan a la laguna Huancasayane y a la quebrada Pulluncuyoc monitoreadas en las estaciones CW-19 y CW-4. Otras fuentes de contaminación son los efluentes líquidos de las dos plantas de tratamiento de agua residual doméstica de los campamentos mineros Untuca y Cochapata que descargan hacia la quebrada Ananea. Asimismo, en la parte alta de la microcuenca Ananea durante los trabajos de campo se identificó in situ prácticas realizadas por los comuneros tales como la descarga de agua residual del lavado de ropa y lavado de unidades vehiculare (camionetas y motos).
- Los principales parámetros inorgánicos metálicos que superaron los límites del ECA-Cat. 3 son el aluminio, manganeso, níquel y zinc. Cabe resaltar que todas las estaciones

a excepción de la CW-1 y CW-2 presentaron contaminación por manganeso. La última estación (CW-6) dentro de la red de monitoreo en la microcuenca Ananea registró al parámetro manganeso como único elemento contaminante superando el ECA de categoría 3 D1 (riego de vegetales) y categoría 3 D2 (Bebida de animales), esto indica que los otros elementos contaminantes como aluminio, níquel y zinc provenientes de las estaciones CW-4, CW-19 y CW-7 se diluyen en la quebrada Ananea luego de la confluencia al cuerpo de agua principal; se registraron valores de pH con tendencia ácida en forma natural proveniente del nevado Ananea.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda, replantear la categoría del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de la categoría 3 a la categoría 4: Conservación del ambiente acuático; debido a la existencia de humedales altoandinos (bofedales) esparcidos por toda la microcuenca. Por otra parte, se recomienda aumentar los parámetros físico-químicos de las estaciones de monitoreo tales como aceites y grasas, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales.
- Se recomienda, realizar evaluaciones periódicas de las prácticas antropogénicas, especialmente aquellas relacionadas con la actividad minera formal e informal. Esto incluye la inspección de los campamentos mineros y las actividades de los comuneros que descargan aguas residuales de lavado de ropa y vehículos hacia la Qda. Ananea.
- Se recomienda que la unidad minera utilice tecnologías más avanzadas para la remoción de metales pesados del agua superficial del sector Huancasayane y del agua de contacto con el depósito de relaves, tales como sistemas de filtración, precipitación química, o tratamientos biológicos que sean eficaces para remover el manganeso, aluminio, níquel y zinc.
- No se tiene información de la calidad del agua de la microcuenca Ananea en la parte baja; en este sentido se recomienda incrementar una estación de monitoreo para ubicarla antes de la confluencia de la quebrada Ananea con el río Choquechambi.

VI. REFERENCIAS

- Rojas, R. (2021). *Caracterización y determinación de la calidad del agua superficial de la unidad hidrográfica Coata-Región Puno*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Altiplano Puno]. Repositorio Institucional UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19124>
- Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA, Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. (21 de febrero de 2018). <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2440>
- Resolución Jefatural N° 136-2018-ANA, Lineamientos para la Identificación y Seguimiento de Contaminantes relacionadas con los Recurso Hídricos. (25 de abril de 2018). <https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/R.J.%20136-2018-ANA.pdf>
- US EPA (1991). *Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I -Human Health Evaluation, Manual (Part B, Development of Risk-based Preliminary Remediation Goals)*, EPA/540/R-92/003. Office of Research and Developmen, Washington D.C; United States of America; <https://epa-prgs.ornl.gov/radionuclides/HHEMB.pdf>

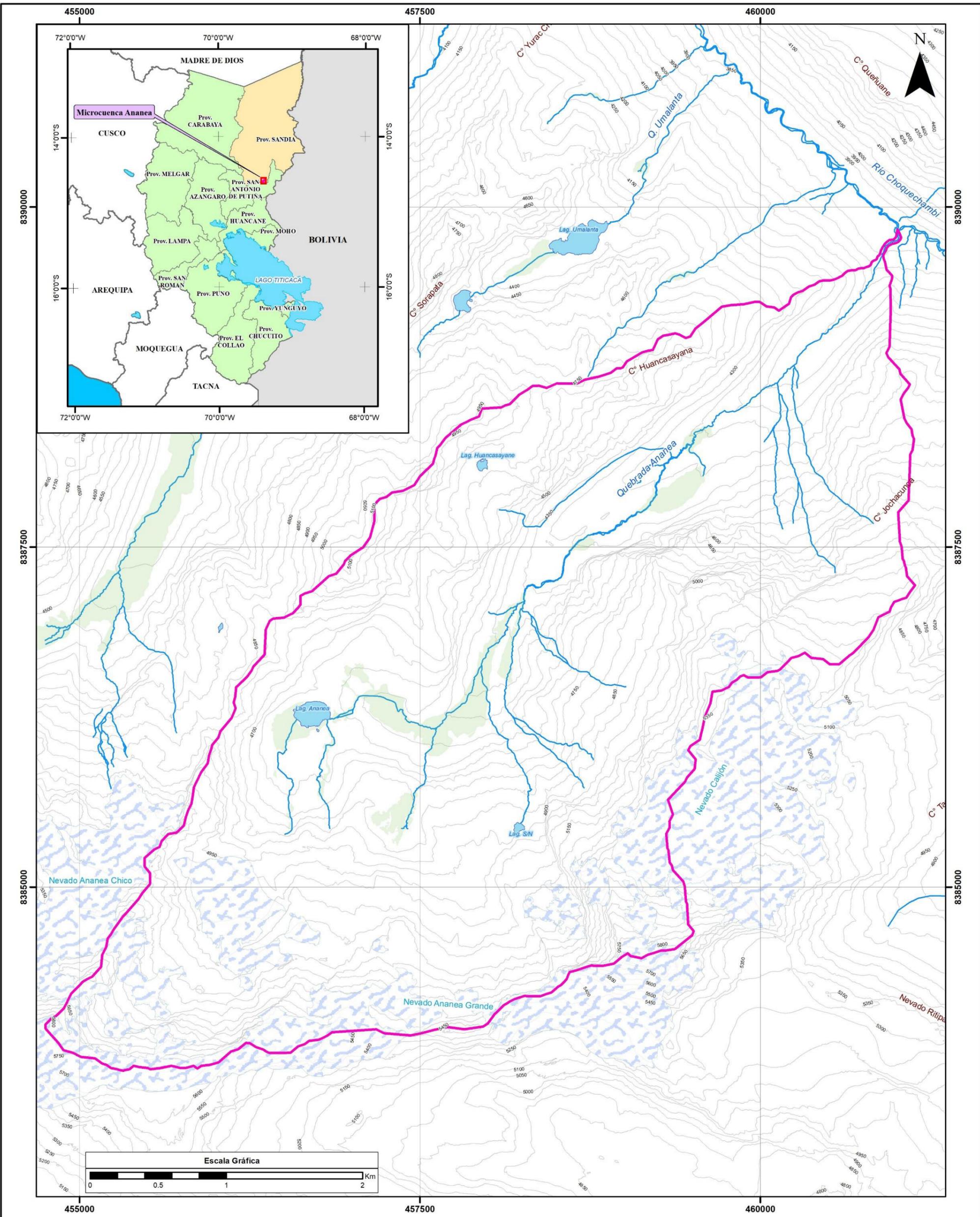
VII. ANEXOS

Anexo A Mapas

Anexo B Resultados de laboratorio para las estaciones de monitoreo período 2021 –
2023

ANEXO A

MAPAS



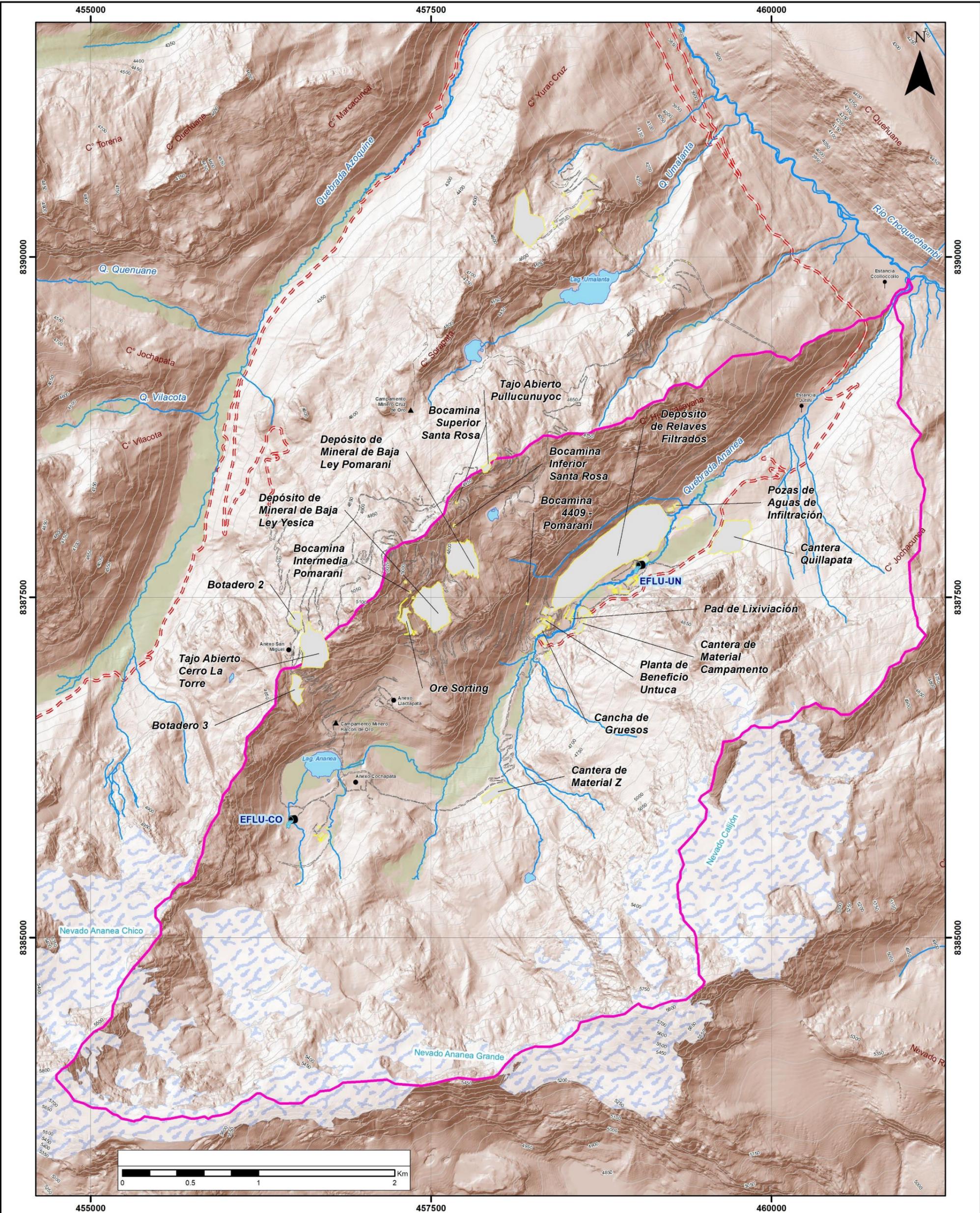
LEYENDA:
Microcuenca Ananea
Curvas de nivel
Bofedales
Hidrografía
Lagunas
Nevado

NOTAS:
 DATUM: WGS 84 Proyección: UTM - Zona 19 S

Fuentes:
 Cartografía Base con geoprocesamiento de imagen satelital del sensor WorldView-2 en conjunto con las nomenclaturas de las cartas nacionales publicadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) se utilizó el cuadrángulo: 30 y (La Rinconada).

Nevados en base a la información del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)

TITULO: Informe de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental		
MAPA: DELIMITACIÓN DE LA MICROCUENCA ANANEA		
ELABORADO POR: Bach. Díaz Vizcardo, Rodrigo Alonso	FUENTE: IGN, MTC, ANA	FACULTAD:
REVISADO POR: Mg. Aparicio Ilazaca, Roxana	ESCALA: 1:25,000	
		FECHA: Julio, 2024



LEYENDA:

Efluentes domésticos	Accesos
Componentes	Vía a Untuca
Microcuenca Ananea	Curvas de nivel
Bofedales	Centros poblados
Hidrografía	Anexo
Lagunas	Campamento Minero Informal
Nevado	Estancia

NOTAS:
 DATUM: WGS 84 Proyección: UTM - Zona 19 S

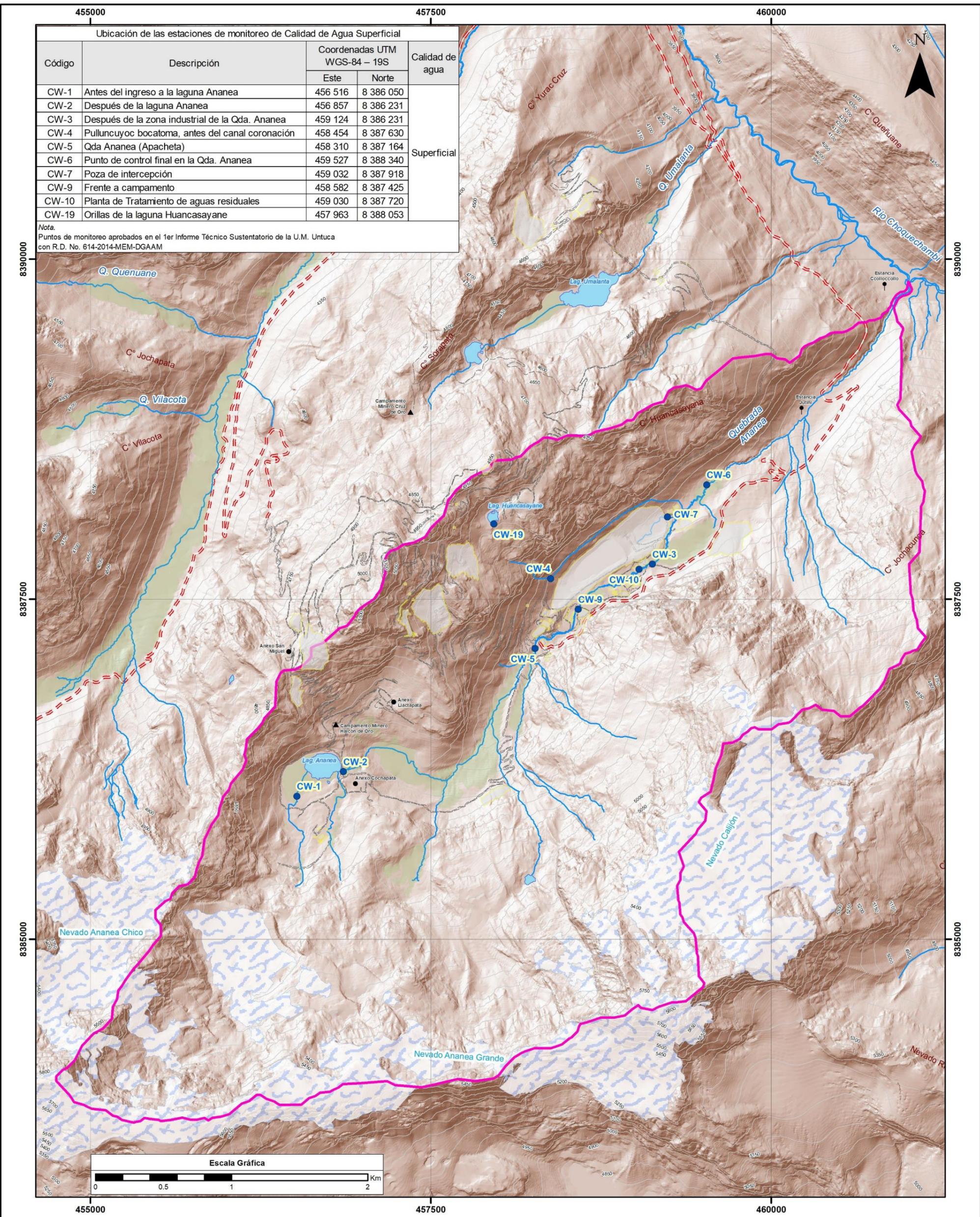
Fuentes:
 Cartografía Base con geoprocesamiento de imagen satelital del sensor WorldView-2 en conjunto con las nomenclaturas de las cartas nacionales publicadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) se utilizó el cuadrángulo: 30 y (La Rinconada),

Vías de acceso en base al información de geodata del MTC y la imagen satelital

Centros poblados en base a la información del geoservidor "Sigmed" del MINEDU, 2019

Nevados en base a la información del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)

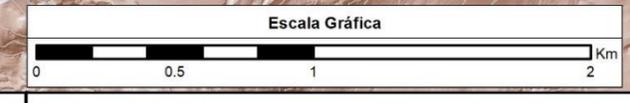
TITULO: Informe de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental		
MAPA: FUENTES DE CONTAMINACION EN LA MICROCUENCA ANANEA		
ELABORADO POR: Bach. Díaz Vizcardo, Rodrigo Alonso	FUENTE: IGN, MTC, MINEDU, ANA	MAPA N°: 02
REVISADO POR: Mg. Aparicio Ilazaca, Roxana	ESCALA: 1:25,000	



Ubicación de las estaciones de monitoreo de Calidad de Agua Superficial

Código	Descripción	Coordenadas UTM WGS-84 – 19S		Calidad de agua
		Este	Norte	
CW-1	Antes del ingreso a la laguna Ananea	456 516	8 386 050	Superficial
CW-2	Después de la laguna Ananea	456 857	8 386 231	
CW-3	Después de la zona industrial de la Qda. Ananea	459 124	8 386 231	
CW-4	Pulluncuyoc bocatoma, antes del canal coronación	458 454	8 387 630	
CW-5	Qda Ananea (Apacheta)	458 310	8 387 164	
CW-6	Punto de control final en la Qda. Ananea	459 527	8 388 340	
CW-7	Pozo de interceptación	459 032	8 387 918	
CW-9	Frente a campamento	458 582	8 387 425	
CW-10	Planta de Tratamiento de aguas residuales	459 030	8 387 720	
CW-19	Orillas de la laguna Huancasayane	457 963	8 388 053	

Nota.
Puntos de monitoreo aprobados en el 1er Informe Técnico Sustentatorio de la U.M. Untuca con R.D. No. 614-2014-MEM-DGAAM



LEYENDA:

	Estación de monitoreo - Calidad Agua Superficial		Accesos
	Componentes		Vía a Untuca
	Microcuenca Ananea		Curvas de nivel
	Bofedales		Centros poblados
	Hidrografía		Anexo
	Lagunas		Campamento Minero Informal
	Nevado		Estancia

NOTAS:
DATUM: WGS 84 Proyección: UTM - Zona 19 S

Fuentes:
Cartografía Base con geoprocesamiento de imagen satelital del sensor WorldView-2 en conjunto con las nomenclaturas de las cartas nacionales publicadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) se utilizó el cuadrángulo: 30 y (La Rinconada).

Vías de acceso en base al información de geodata del MTC y la imagen satelital

Centros poblados en base a la información del geoservidor "Singed" del MINEDU, 2019

Nevados en base a la información del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)

TITULO: Informe de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental			
MAPA: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL		FACULTAD: 	
ELABORADO POR: Bach. Díaz Vizcardo, Rodrigo Alonso	FUENTE: IGN, MTC, MINEDU, ANA	MAPA N°: 03	
REVISADO POR: Mg. Aparicio Ilazaca, Roxana	ESCALA: 1:25,000	FECHA: Julio, 2024	

ANEXO B

RESULTADOS DE LABORATORIO PARA LAS ESTACIONES

MONITOREO PERÍODO 2021 – 2023

Tabla 7*Resultados de laboratorio parámetros físico-químicos del período 2021 - 2023*

Estación de monitoreo	Año	Trimestre	T °C	pH Unidades de pH	CE uS/cm	OD mg/l	Cianuro libre mg/l
CW-1	2021	I	10.8	6.09	54.2	5.74	<0.0008
		II	6.5	4.33	62.9	6.9	<0.0008
		III	4.2	4.8	40.7	6.4	<0.0008
		IV	8.3	5.63	49.69	7.82	< 0.0008
	2022	I	5.2	4.2	61.3	6.95	< 0.0008
		II	9.96	4.73	60	6.85	< 0.0008
		III	3.1	4.75	50.34	7.83	< 0.0008
		IV	8.2	4.23	45.62	6.55	<0.0008
	2023	I	6.1	4.22	60.01	7.01	<0.0008
		II	6.9	4.81	57.52	6.55	<0.0008
		III	3.1	4.59	52.83	6.24	<0.0008
		IV	5.7	4.79	106.95	6.82	<0.0008
CW-2	2021	I	10.6	6.67	36.4	5.25	<0.0008
		II	6.5	4.43	47.5	7.5	<0.0008
		III	5.7	6.4	43.8	7.1	<0.0008
		IV	7.9	5.49	80.19	7.76	< 0.0008
	2022	I	12.3	4.37	54.1	6.8	< 0.0008
		II	8.28	4.94	59	6.82	< 0.0008
		III	6	5.07	52.42	7.32	< 0.0008
		IV	8.29	4.31	45.06	6.67	<0.0008
2023	I	11.3	4.41	51.6	6.9	<0.0008	

Estación de monitoreo	Año	Trimestre	T	pH	CE	OD	Cianuro libre
			°C	Unidades de pH	uS/cm	mg/l	mg/l
CW-3		II	6.2	5.04	52.6	6.75	<0.0008
		III	6.4	4.7	51.07	7	<0.0008
		IV	6.7	4.91	102.55	7.01	<0.0008
		I	6	5.77	185.9	7.24	<0.0008
	2021	II	7.7	4.34	177	7	<0.0008
		III	13.7	4.63	93.9	6.2	<0.0008
		IV	9.2	5.09	116.6	7.96	< 0.0008
		I	10.4	4.41	162.9	6.51	< 0.0008
	2022	II	8.29	4.62	190	6.61	< 0.0008
		III	7.2	5.19	135.1	7.3	< 0.0008
		IV	6.7	4.13	126.7	7.01	<0.0008
		I	10.6	4.28	154.3	6.65	<0.0008
	2023	II	7.9	4.01	174.4	6.77	<0.0008
		III	7.5	4.63	124	6.72	<0.0008
		IV	7.5	4.47	140.1	6.84	<0.0008
		I	7	5.08	496	6.61	<0.0008
CW-4	2021	II	11.3	4.93	196.3	6.2	<0.0008
		III	8.9	4.73	620	6	<0.0008
		IV	8.4	4.77	628	6.87	< 0.0008
		I	8.1	4.36	503	6.74	< 0.0008
	2022	II	8.19	4.47	497	6.78	< 0.0008
		III	9.3	4.64	661.6	6.73	< 0.0008
		IV	9.26	4.48	664.7	6.71	<0.0008
		I	10	4.2	522.5	6.81	<0.0008

Estación de monitoreo	Año	Trimestre	T	pH	CE	OD	Cianuro libre
			°C	Unidades de pH	uS/cm	mg/l	mg/l
CW-5		II	6.9	4.37	334.7	6.66	<0.0008
		III	7.8	4.51	687.1	6.17	<0.0008
		IV	8.2	4.67	652.7	6.37	<0.0008
		I	10	5.51	129.7	5.32	<0.0008
	2021	II	7.4	4.19	132.6	6.9	<0.0008
		III	9.8	4.91	83.5	6	<0.0008
		IV	8.4	6.58	116.3	4.98	< 0.0008
		I	11.3	4.26	160.3	6.49	< 0.0008
	2022	II	10.31	4.54	132	6.55	< 0.0008
		III	11	4.27	155.9	6.46	< 0.0008
		IV	11.2	4.58	134.2	6.15	<0.0008
		I	11.1	4.14	143.5	6.55	<0.0008
	2023	II	6.6	4.57	117.5	6.79	<0.0008
		III	10.8	4.09	131.8	6.25	<0.0008
		IV	9.5	4.1	177.3	6.59	<0.0008
		I	8	5.39	161	6.7	<0.0008
CW-6	2021	II	11.8	4.87	163.3	6.8	<0.0008
		III	12.1	5.17	184.2	6	<0.0008
		IV	9.1	7.49	151.3	5.95	< 0.0008
		I	9.1	5.47	159.5	6.88	< 0.0008
	2022	II	10.05	5.45	224	6.92	< 0.0008
		III	6.3	5.03	186.2	7.7	< 0.0008
		IV	8.9	4.46	185.4	6.87	<0.0008
		I	9.5	5.33	185.9	6.94	<0.0008

Estación de monitoreo	Año	Trimestre	T	pH	CE	OD	Cianuro libre
			°C	Unidades de pH	uS/cm	mg/l	mg/l
CW-7		II	8.9	4.52	201	6.63	<0.0008
		III	6.9	4.82	159.1	6.7	<0.0008
		IV	9.7	4.53	196.5	6.56	<0.0008
	2021	I	10.1	6.51	536	6.15	<0.0008
		II	10.7	6.82	500	6.6	<0.0008
		III	12.8	6.76	695	5.8	<0.0008
		IV	8.7	7.45	711.3	5.41	< 0.0008
	2022	I	12.5	7.35	609	6.44	< 0.0008
		II	12.97	7.25	875	6.5	< 0.0008
		III	13	6.91	761.5	5.84	< 0.0008
		IV	13.2	6.73	856.2	6.23	<0.0008
	2023	I	12.1	7.38	739.7	6.35	<0.0008
II		12.6	6.91	731.2	6.06	<0.0008	
III		12.4	8.36	835.8	5.84	<0.0008	
IV		14.8	8.39	985	5.7	<0.0008	
CW-9	2021	I	6.3	5.67	156.3	6.89	<0.0008
		II	6.2	5.55	167.2	6.7	<0.0008
		III	6.3	4.35	96.9	6.4	<0.0008
		IV	8.3	5.61	120.7	6.07	< 0.0008
	2022	I	11	4.32	133	6.62	< 0.0008
		II	10.63	4.49	133	6.6	< 0.0008
		III	9.5	4.75	138.1	7.09	< 0.0008
		IV	6.5	4.04	123.7	6.95	<0.0008
2023	I	10.7	4.27	160.1	6.67	<0.0008	

Estación de monitoreo	Año	Trimestre	T	pH	CE	OD	Cianuro libre
			°C	Unidades de pH	uS/cm	mg/l	mg/l
CW-10		II	8.5	4.15	186.3	6.7	<0.0008
		III	4.4	4.76	124.2	7.06	<0.0008
		IV	7	4.57	146.2	7.02	<0.0008
		I	6.2	5.69	139.7	6.96	<0.0008
	2021	II	11.8	4.89	147.5	6	<0.0008
		III	10.5	5.37	100	6.1	<0.0008
		IV	7.6	5.41	140.7	6.15	< 0.0008
		I	10.7	4.22	162	6.72	< 0.0008
	2022	II	8.61	4.51	184	6.7	< 0.0008
		III	8.6	4.58	51.47	7.17	< 0.0008
		IV	6.5	3.98	128.5	7.04	<0.0008
		I	10.1	4.33	153.7	6.77	<0.0008
	2023	II	7.7	4	173.5	6.8	<0.0008
		III	10.9	4.71	122.3	6.34	<0.0008
		IV	7.5	4.36	135.4	6.86	<0.0008
		I	10.3	4.84	339	8	<0.0008
CW-19	2021	II	8.9	4.84	361	7.1	<0.0008
		III	13.9	4.46	347	5.3	<0.0008
		IV	7.5	4.15	174	4.74	< 0.0008
		I	7.7	4.32	332	7.74	< 0.0008
	2022	II	9.2	4.11	315	7.74	< 0.0008
		III	12.9	5.06	412.4	5.75	< 0.0008
		IV	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F
		I	8.9	4.11	384.1	7.21	<0.0008

Estación de monitoreo	Año	Trimestre	T	pH	CE	OD	Cianuro libre
			°C	Unidades de pH	uS/cm	mg/l	mg/l
		II	6.5	4.24	322.9	5.96	<0.0008
		III	19	4.6	391.8	5.75	<0.0008
		IV	7.7	5.71	166.4	7.21	<0.0008

Nota.

S/F: Sin Flujo

Tabla 8

Resultados de laboratorio parámetros inorgánicos del período 2021 - 2023

Estación de monitoreo	Año	Trimestre	Al	As	B	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Li	Mg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
CW-1	2021	I	0.485	<0.00010	0.016	<0.0003	0.00024	0.00025	0.02012	<0.0003	0.0133	0.069	<0.00009	0.0067	1.486	0.07601	0.0325	<0.0006	<0.0013	0.0818
		II	0.851	0.00275	<0.006	0.0021	0.00024	0.00026	0.01952	<0.0003	0.01238	0.9929	<0.00009	0.0068	1.55	0.08681	0.0308	0.0008	<0.0013	0.0756
		III	0.401	0.00863	<0.006	<0.0003	0.00015	<0.00003	0.01164	<0.0003	0.0054	0.3838	<0.00009	0.0035	1.1	0.05463	0.0251	<0.0006	<0.0013	0.059
		IV	0.562	<0.00010	<0.006	<0.0003	<0.00006	<0.00003	0.01775	<0.0003	0.01504	0.2059	<0.00009	0.0054	1.01	0.06728	0.0285	<0.0006	<0.0013	0.0515
	2022	I	0.485	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00015	0.00022	0.0193	<0.0003	0.01155	0.0502	<0.00009	0.0046	1.6	0.07635	0.0288	<0.0006	<0.0013	0.058
		II	0.458	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00015	<0.00003	0.01531	<0.0003	0.01046	0.0982	<0.00009	0.0043	1.454	0.0624	0.0233	<0.0006	<0.0013	0.0613
		III	0.536	0.00136	<0.006	0.0022	0.00021	0.00029	0.0176	<0.0003	0.01045	0.3044	<0.00009	0.0056	1.616	0.08323	0.029	<0.0006	<0.0013	0.0883
		IV	0.464	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00019	0.00024	0.01767	<0.0003	0.01032	0.138	<0.00009	0.0044	1.563	0.08178	0.025	<0.0006	<0.0013	0.1001
	2023	I	0.533	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00025	0.00028	0.02287	<0.0003	0.01739	0.0684	<0.00009	0.0065	1.601	0.08782	0.0342	<0.0006	<0.0013	0.0739
		II	0.472	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00025	0.00032	0.02308	<0.0003	0.01531	0.0577	<0.00009	0.0063	1.646	0.09544	0.0339	<0.0006	<0.0013	0.1159
		III	0.93	0.00146	<0.006	0.0027	0.00025	0.00027	0.02005	<0.0003	0.01229	0.6295	<0.00009	0.004	1.614	0.10843	0.0352	<0.0006	<0.0013	0.085
		IV	0.497	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00022	0.00028	0.02198	<0.0003	0.01562	0.1221	<0.00009	0.0053	1.586	0.09333	0.0336	<0.0006	<0.0013	0.0891
CW-2	2021	I	0.321	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00015	<0.00003	0.01547	<0.0003	0.00909	0.1091	<0.00009	0.0048	1.092	0.05813	0.024	<0.0006	<0.0013	0.0556
		II	0.336	0.00115	<0.006	<0.0003	0.00019	0.00021	0.01722	<0.0003	0.00967	0.1374	<0.00009	0.0049	1.271	0.07398	0.0269	<0.0006	<0.0013	0.0647
		III	0.243	0.00165	<0.006	<0.0003	0.00012	<0.00003	0.01009	<0.0003	0.00354	0.1945	<0.00009	0.0028	1.051	0.04863	0.0223	<0.0006	<0.0013	0.057
		IV	0.403	<0.00010	<0.006	<0.0003	<0.00006	<0.00003	0.0175	<0.0003	0.01034	0.2206	<0.00009	0.0052	1.123	0.06989	0.0283	<0.0006	<0.0013	0.0678
	2022	I	0.296	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00018	<0.00003	0.01579	<0.0003	0.00954	0.1457	<0.00009	0.0033	1.138	0.06386	0.0219	<0.0006	<0.0013	0.0412
		II	0.374	0.00124	<0.006	<0.0003	0.00015	<0.00003	0.0145	<0.0003	0.00894	0.1448	<0.00009	0.004	1.37	0.06599	0.0223	<0.0006	<0.0013	0.0592
		III	0.368	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00017	0.00026	0.01778	<0.0003	0.0101	0.0397	<0.00009	0.0057	1.696	0.08143	0.0283	<0.0006	<0.0013	0.0854
		IV	0.325	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00017	0.00021	0.0175	<0.0003	0.00915	0.1181	<0.00009	0.0038	1.382	0.07927	0.0238	<0.0006	<0.0013	0.0844
	2023	I	0.434	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00022	0.00023	0.02041	0.0032	0.01241	0.1785	<0.00009	0.0055	1.364	0.07805	0.0293	<0.0006	<0.0013	0.0611
		II	0.426	0.00115	<0.006	<0.0003	0.00022	0.00032	0.02135	<0.0003	0.01273	0.1301	<0.00009	0.0055	1.53	0.09109	0.032	<0.0006	<0.0013	0.1002
		III	0.39	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00017	0.00022	0.01763	<0.0003	0.00941	0.1687	<0.00009	0.0057	1.345	0.08936	0.03	<0.0006	<0.0013	0.0788
		IV	0.438	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00022	0.00024	0.02067	<0.0003	0.01546	0.1555	<0.00009	0.005	1.487	0.09224	0.0357	<0.0006	<0.0013	0.0836
CW-3	2021	I	1.534	0.00137	0.012	0.0022	0.00078	0.00077	0.04748	<0.0003	0.01269	0.1859	<0.00009	0.0137	3.404	0.34192	0.1032	<0.0006	<0.0013	0.2812
		II	1.912	0.00478	<0.006	0.0032	0.00094	0.00069	0.05555	<0.0003	0.02568	0.7996	<0.00009	0.0183	4.652	0.45244	0.1082	0.0007	<0.0013	0.2845
		III	1.19	0.00424	<0.006	0.0023	0.00042	0.00028	0.02471	<0.0003	0.00823	1.1038	<0.00009	0.0091	2.679	0.2118	0.0522	<0.0006	<0.0013	0.117

Estación de monitoreo	Año	Trimestre	Al mg/l	As mg/l	B mg/l	Ba mg/l	Be mg/l	Cd mg/l	Co mg/l	Cr mg/l	Cu mg/l	Fe mg/l	Hg mg/l	Li mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Pb mg/l	Se mg/l	Zn mg/l
CW-4	2022	IV	1.843	0.00402	0.019	0.0033	0.00078	0.00029	0.03123	< 0.0003	0.01404	1.085	<0.00009	0.0127	3.319	0.21454	0.0619	<0.0006	<0.0013	0.1473
		I	2.277	0.00187	<0.006	0.0031	0.00114	0.00092	0.07132	< 0.0003	0.01885	0.5717	<0.00009	0.0123	5.014	0.5287	0.138	<0.0006	<0.0013	0.3398
		II	2.027	0.00564	<0.006	0.003	0.00082	0.00056	0.05932	< 0.0003	0.02876	0.9317	<0.00009	0.0205	5.231	0.42717	0.1009	0.0015	<0.0013	0.2507
		III	1.336	0.00306	<0.006	0.0026	0.00066	0.00039	0.0378	< 0.0003	0.01838	0.3513	<0.00009	0.0173	4.065	0.26722	0.0696	<0.0006	<0.0013	0.1752
	2023	IV	2.501	0.01298	<0.006	0.0045	0.00061	0.00027	0.03341	<0.0003	0.01715	2.2213	<0.00009	0.0151	4.247	0.28162	0.0526	0.001	<0.0013	0.1599
		I	2.595	0.00785	<0.006	0.0042	0.00102	0.00037	0.04334	<0.0003	0.03645	2.4185	<0.00009	0.0248	3.926	0.34785	0.0756	0.0015	<0.0013	0.1745
		II	2.208	0.00495	<0.006	0.004	0.00117	0.00032	0.0688	<0.0003	0.03387	0.6755	<0.00009	0.0222	5.537	0.51099	0.1127	0.0008	<0.0013	0.4038
		III	1.01	0.00221	<0.006	0.0022	0.00117	0.00035	0.03089	<0.0003	0.01382	0.6047	<0.00009	0.0132	2.863	0.24204	0.0588	<0.0006	<0.0013	0.1272
	2021	IV	1.722	0.0028	<0.006	0.0022	0.00053	0.00034	0.04044	<0.0003	0.02	0.8335	<0.00009	0.0151	3.532	0.29622	0.0779	<0.0006	<0.0013	0.1654
		I	6.076	0.0041	<0.006	0.0169	0.00274	0.00413	0.30519	<0.0003	0.03341	0.0109	<0.00009	0.0122	17.996	1.97486	0.9745	<0.0006	<0.0013	2.2075
		II	6.954	0.00358	<0.006	0.0231	0.00392	0.00667	0.38487	<0.0003	0.05075	0.0068	<0.00009	0.013	22.499	3.18402	1.285	<0.0006	<0.0013	3.472
		III	5.507	0.00331	<0.006	0.0241	0.00391	0.00802	0.38905	<0.0003	0.05183	0.0066	<0.00009	0.0118	23.338	3.482	1.3971	<0.0006	<0.0013	3.5627
		IV	4.657	0.00313	<0.006	0.0244	0.00264	0.00607	0.28769	< 0.0003	0.0494	0.0105	<0.00009	0.0146	20.088	2.73261	1.2284	<0.0006	<0.0013	2.8485
		I	9.255	0.00236	<0.006	0.019	0.00404	0.00396	0.33619	< 0.0003	0.04174	<0.0013	<0.00009	0.0109	18.216	2.32129	0.8695	<0.0006	<0.0013	1.8907
		II	6.621	0.00441	<0.006	0.0218	0.00308	0.0054	0.31695	< 0.0003	0.04443	0.0129	<0.00009	0.01	19.151	2.59287	0.9536	<0.0006	<0.0013	2.7772
		III	7.041	0.00367	<0.006	0.0405	0.00415	0.0084	0.37327	< 0.0003	0.05731	<0.0013	<0.00009	0.0157	29.734	3.41691	1.4262	<0.0006	<0.0013	4.4382
2023	IV	4.989	0.00325	<0.006	0.0281	0.0034	0.00877	0.31944	<0.0003	0.05171	0.0045	<0.00009	0.0104	22.611	3.18296	1.1058	<0.0006	0.003	4.6122	
	I	6.519	0.00162	<0.006	0.0258	0.00387	0.00482	0.28478	<0.0003	0.04359	0.0036	<0.00009	0.0155	20.053	2.36858	0.8192	<0.0006	0.0021	2.1695	
	II	8.692	0.00396	<0.006	0.0339	0.00478	0.00032	0.43028	<0.0003	0.05435	0.0109	<0.00009	0.0141	23.596	4.01519	1.0622	<0.0006	0.0025	4.2282	
	III	6.503	0.00627	<0.006	0.0288	0.00046	0.00759	0.39021	<0.0003	0.05536	0.0869	<0.00009	0.0158	21.384	4.15425	1.3709	<0.0006	0.0027	3.6218	
	IV	5.767	0.00299	<0.006	0.0214	0.00324	0.00682	0.33437	<0.0003	0.05583	<0.0013	<0.00009	0.0121	21.952	3.56012	1.2399	<0.0006	<0.0013	3.8346	
	2021	I	1.969	0.00107	<0.006	0.0022	0.00095	0.00101	0.0649	<0.0003	0.01671	0.1462	<0.00009	0.0131	3.555	0.46638	0.1474	<0.0006	<0.0013	0.3966
		II	1.268	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00066	0.00064	0.0445	<0.0003	0.01567	0.1789	<0.00009	0.0115	2.856	0.35569	0.0959	<0.0006	<0.0013	0.2664
		III	0.841	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00045	<0.00003	0.01966	<0.0003	0.00704	0.2811	<0.00009	0.0092	1.957	0.17339	0.0452	<0.0006	<0.0013	0.0933
IV		1.852	0.00318	0.013	0.0038	0.0009	0.0003	0.03475	< 0.0003	0.01685	0.8043	<0.00009	0.0133	3.12	0.2309	0.0713	0.0007	<0.0013	0.1827	
2022	I	1.98	<0.00010	<0.006	0.0027	0.00103	0.00104	0.07037	< 0.0003	0.017	0.1911	<0.00009	0.0099	3.446	0.50005	0.1345	0.0009	<0.0013	0.3461	
	II	0.948	0.001	<0.006	<0.0003	0.00045	0.00039	0.03719	< 0.0003	0.01468	0.2103	<0.00009	0.0081	3.021	0.26162	0.0775	<0.0006	<0.0013	0.2063	
	III	1.341	<0.00010	<0.006	0.0023	0.00069	0.00043	0.04387	< 0.0003	0.02649	0.3238	<0.00009	0.0189	4.687	0.30704	0.0772	0.0009	<0.0013	0.169	
	IV	1.234	0.00105	<0.006	<0.0003	0.0005	0.00033	0.03463	<0.0003	0.01682	0.2654	<0.00009	0.0111	4.136	0.29971	0.0558	<0.0006	<0.0013	0.165	

Estación de monitoreo	Año	Trimestre	Al mg/l	As mg/l	B mg/l	Ba mg/l	Be mg/l	Cd mg/l	Co mg/l	Cr mg/l	Cu mg/l	Fe mg/l	Hg mg/l	Li mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Pb mg/l	Se mg/l	Zn mg/l	
CW-6	2023	I	1.889	0.00131	<0.006	0.003	0.00107	0.00067	0.0623	<0.0003	0.02486	0.2854	<0.00009	0.0162	3.442	0.41383	0.1125	<0.0006	<0.0013	0.2791	
		II	1.386	0.00189	<0.006	0.0035	0.00083	0.00032	0.05081	<0.0003	0.01767	0.2331	<0.00009	0.0108	3.125	0.36915	0.0921	<0.0006	<0.0013	0.3792	
		III	1.181	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00054	0.0004	0.03903	<0.0003	0.01886	0.3879	<0.00009	0.0168	3.697	0.31761	0.074	<0.0006	<0.0013	0.1509	
		IV	1.942	0.00107	<0.006	0.0049	0.00081	0.00046	0.05177	<0.0003	0.02898	0.4328	<0.00009	0.0221	4.442	0.40851	0.0982	<0.0006	<0.0013	0.2012	
	2021	I	2.212	0.00389	<0.006	0.00077	0.00077	0.00064	0.05637	<0.0003	0.0179	1.0184	<0.00009	0.0347	4.503	0.59538	0.108	0.0008	<0.0013	0.2515	
		II	1.501	0.00199	<0.006	0.0026	0.00079	0.00072	0.05466	<0.0003	0.02032	0.526	<0.00009	0.0151	4.623	0.4281	0.1121	<0.0006	<0.0013	0.2919	
		III	1.219	0.00176	0.02	0.0052	0.00062	0.00041	0.05262	<0.0003	0.00676	0.8372	<0.00009	0.0379	4.245	0.70642	0.0802	<0.0006	<0.0013	0.1673	
		IV	2.127	0.0053	0.026	0.0059	0.00092	0.00035	0.0518	<0.0003	0.01459	1.2198	<0.00009	0.0303	4.584	0.59038	0.0847	<0.0006	<0.0013	0.1893	
	2022	I	3.619	0.01486	<0.006	0.0068	0.00109	0.00055	0.06604	0.0025	0.01871	4.1945	<0.00009	0.0242	5.008	0.60751	0.1104	0.0014	<0.0013	0.2321	
		II	1.825	0.00188	<0.006	0.004	0.00066	0.00048	0.05772	<0.0003	0.0732	0.3476	<0.00009	0.0312	5.776	0.55391	0.1043	0.001	<0.0013	0.2269	
		III	1.703	0.00231	<0.006	0.0062	0.00073	0.0005	0.05505	<0.0003	0.01717	0.6601	<0.00009	0.0393	5.508	0.59347	0.0868	<0.0006	<0.0013	0.2031	
		IV	2.165	0.0066	<0.006	0.0049	0.00079	0.00044	0.05864	<0.0003	0.02198	0.8414	<0.00009	0.03	5.881	0.63734	0.0771	0.0009	<0.0013	0.2644	
	2023	I	2.182	<0.00010	<0.006	0.0065	0.00101	0.00063	0.07946	<0.0003	0.0204	0.5391	<0.00009	0.0358	5.015	0.83483	0.1137	<0.0006	<0.0013	0.257	
		II	2.49	0.00903	<0.006	0.007	0.00112	0.00032	0.0891	0.0022	0.02549	1.2047	<0.00009	0.0369	6.159	0.9403	0.133	<0.0006	<0.0013	0.3626	
		III	1.284	0.00235	<0.006	0.0036	0.00057	0.00046	0.05093	<0.0003	0.01473	0.6054	<0.00009	0.0329	3.851	0.55879	0.0835	<0.0006	<0.0013	0.1791	
		IV	2.129	0.00206	<0.006	0.0031	0.00079	0.0005	0.05789	<0.0003	0.02815	0.6781	<0.00009	0.0299	5.216	0.5118	0.1029	<0.0006	<0.0013	0.2108	
CW-7	2021	I	0.03	<0.00010	0.15	0.0236	<0.00006	0.00074	<0.00003	<0.0003	0.01519	0.063	<0.00009	0.0536	6.681	0.00519	0.0009	0.0009	<0.0013	0.0875	
		II	<0.047	<0.00010	<0.047	0.0139	<0.047	0.00025	0.09556	<0.0003	0.00449	2.2509	<0.00009	<0.047	10.569	2.47205	0.1245	<0.0006	<0.0013	0.1091	
		III	0.59	<0.00010	0.064	0.0246	0.00018	0.0003	0.12318	<0.0003	0.00196	4.9287	<0.00009	0.2026	13.819	3.09863	0.1059	<0.0006	<0.0013	0.0889	
		IV	0.851	<0.00010	0.162	0.0229	0.00032	<0.00003	0.08146	<0.0003	0.00369	1.9589	<0.00009	0.1472	14.258	3.86109	0.0737	<0.0006	<0.0013	0.0592	
	2022	I	2.298	0.00173	0.06	0.0184	0.0006	0.00055	0.15183	<0.0003	0.01024	4.0856	<0.00009	0.0551	15.632	2.55421	0.2111	0.0012	0.0036	0.228	
		II	1.486	0.00179	0.079	0.0189	0.00039	<0.00003	0.04508	<0.0003	0.00626	1.7716	<0.00009	0.1617	16.419	1.70731	0.0668	<0.0006	<0.0013	0.0894	
		III	0.891	<0.00010	0.097	0.0296	0.00032	<0.00003	0.04772	<0.0003	0.00466	1.9423	<0.00009	0.1945	15.917	2.03161	0.0648	<0.0006	<0.0013	0.0604	
		IV	1.102	<0.00010	0.042	0.0256	0.00027	<0.00003	0.06559	<0.0003	0.00485	2.5434	<0.00009	0.1412	19.722	3.23831	0.075	0.0016	<0.0013	0.104	
	2023	I	0.369	0.00166	0.068	0.0256	0.0001	0.00032	0.2485	<0.0003	0.00138	1.2849	<0.00009	0.182	18.416	5.57139	0.2435	<0.0006	<0.0013	0.0583	
		II	0.727	<0.00010	0.063	0.0221	0.00027	0.00032	0.16541	<0.0003	0.00458	1.673	<0.00009	0.1542	18.91	4.91715	0.1756	<0.0006	<0.0013	0.0875	
		III	0.724	<0.00010	0.039	0.0172	0.00019	<0.00003	0.0612	<0.0003	0.00213	1.8042	<0.00009	0.1921	13.545	2.04786	0.0816	<0.0006	<0.0013	0.0525	
		IV	1.124	0.00438	0.073	0.015	0.00035	<0.00003	0.04731	<0.0003	0.00323	3.2857	<0.00009	0.2091	18.542	2.04636	0.0779	<0.0006	<0.0013	0.0631	
	CW-9	2021	I	2.228	0.00396	<0.006	0.0025	0.00102	0.00084	0.06115	<0.0003	0.0159	0.7208	<0.00009	0.0134	3.936	0.46955	0.1332	<0.0006	<0.0013	0.4098

Estación de monitoreo	Año	Trimestre	Al mg/l	As mg/l	B mg/l	Ba mg/l	Be mg/l	Cd mg/l	Co mg/l	Cr mg/l	Cu mg/l	Fe mg/l	Hg mg/l	Li mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Pb mg/l	Se mg/l	Zn mg/l
CW-10	2022	II	1.472	0.00431	<0.006	0.0028	0.00073	0.00071	0.05082	<0.0003	0.01646	0.7437	<0.00009	0.0113	3.349	0.39414	0.1055	<0.0006	<0.0013	0.3014
		III	0.878	0.00286	0.019	<0.0003	0.00038	0.00031	0.028	<0.0003	0.01291	0.2759	<0.00009	0.0085	2.698	0.22835	0.0494	<0.0006	<0.0013	0.1102
		IV	1.949	0.00296	0.032	0.0029	0.00083	0.00029	0.03398	<0.0003	0.01647	0.8706	<0.00009	0.0143	3.276	0.22241	0.0686	<0.0006	<0.0013	0.1547
		I	2.511	0.00425	<0.006	0.0032	0.00118	0.00095	0.06585	<0.0003	0.01838	0.8388	<0.00009	0.0123	4.947	0.4899	0.1313	<0.0006	<0.0013	0.3275
		II	1.296	0.00291	0.014	<0.0003	0.00046	0.00044	0.04261	<0.0003	0.01618	0.4157	<0.00009	0.0095	3.828	0.29512	0.0808	0.0007	<0.0013	0.2349
		III	1.354	0.00492	<0.006	0.0031	0.00062	0.00044	0.03848	<0.0003	0.01969	0.5969	<0.00009	0.0173	4.692	0.30071	0.0712	<0.0006	<0.0013	0.1754
		IV	1.781	0.01288	<0.006	0.0042	0.00065	0.00029	0.03373	<0.0003	0.01787	0.6655	<0.00009	0.0147	4.021	0.28117	0.0531	0.001	<0.0013	0.1601
		I	2.617	0.0039	<0.006	0.0038	0.00099	0.00036	0.04252	<0.0003	0.02943	1.6488	<0.00009	0.0255	3.942	0.35424	0.0771	0.0011	<0.0013	0.1658
	2023	II	2.079	0.00325	<0.006	0.0042	0.00106	0.00032	0.06911	<0.0003	0.02673	0.4335	<0.00009	0.0222	5.563	0.51415	0.1175	0.001	<0.0013	0.408
		III	2.528	0.01115	<0.006	0.0055	0.00048	0.00034	0.03201	<0.0003	0.01697	1.8648	<0.00009	0.0177	3.259	0.2632	0.0604	0.0011	<0.0013	0.1366
		IV	1.128	<0.00010	<0.006	<0.0003	0.00042	0.00104	0.03023	<0.0003	0.01585	0.3079	<0.00009	0.0109	2.639	0.22364	0.0571	<0.0006	<0.0013	0.1347
		I	1.742	0.00128	<0.006	<0.0003	0.00077	0.00075	0.05375	<0.0003	0.0153	0.3018	<0.00009	0.0115	3.592	0.38903	0.1183	<0.0006	<0.0013	0.3148
	2021	II	1.815	0.00451	<0.006	0.0032	0.00091	0.00069	0.05441	<0.0003	0.02515	0.7672	<0.00009	0.0179	4.387	0.44854	0.1077	0.0007	<0.0013	0.2783
		III	0.927	0.00198	<0.006	<0.0003	0.00042	0.00026	0.02451	<0.0003	0.00858	0.6717	<0.00009	0.0091	2.522	0.20954	0.0507	<0.0006	<0.0013	0.1074
		IV	1.915	0.00532	0.011	0.0034	0.00092	0.00028	0.03322	<0.0003	0.01755	1.0663	<0.00009	0.0135	3.464	0.22395	0.0668	0.0006	<0.0013	0.4782
		I	1.802	0.00171	<0.006	0.0029	0.00109	0.00099	0.06461	<0.0003	0.01684	0.2549	<0.00009	0.0121	4.223	0.47888	0.1258	<0.0006	<0.0013	0.2995
	2022	II	2.542	0.01093	<0.006	0.0041	0.00069	0.00049	0.05513	<0.0003	0.02735	1.7089	<0.00009	0.0176	5.477	0.40473	0.0952	0.0019	<0.0013	0.2108
		III	1.592	0.0084	<0.006	0.0036	0.00056	0.00037	0.03644	<0.0003	0.01749	0.9004	<0.00009	0.0179	4.266	0.26912	0.0656	<0.0006	<0.0013	0.1635
		IV	2.024	0.01074	<0.006	0.0046	0.00054	0.00028	0.03596	<0.0003	0.01781	0.9658	<0.00009	0.0142	4.381	0.29562	0.0546	0.001	<0.0013	0.1563
		I	2.444	0.00546	<0.006	0.0041	0.00096	0.00037	0.04293	<0.0003	0.02661	2.0691	<0.00009	0.025	3.913	0.33817	0.0745	0.001	<0.0013	0.1651
2023	II	2.617	0.00886	<0.006	0.0051	0.0011	0.00032	0.07152	<0.0003	0.03681	1.259	<0.00009	0.0248	6.07	0.53059	0.1188	0.001	<0.0013	0.4088	
	III	1.316	0.00452	<0.006	0.0031	0.00044	0.00035	0.03232	<0.0003	0.01463	1.2558	<0.00009	0.0137	3.098	0.26201	0.0641	<0.0006	<0.0013	0.1341	
	IV	1.692	0.00265	<0.006	0.0021	0.00054	0.00031	0.03946	<0.0003	0.02311	0.7344	<0.00009	0.014	3.412	0.29124	0.0758	<0.0006	<0.0013	0.1682	
	I	4.423	0.00174	<0.006	0.0064	0.00241	0.00045	0.12113	<0.0003	0.02833	0.0293	<0.00009	0.0129	13.057	0.53591	0.2921	<0.0006	<0.0013	0.1643	
CW-19	2021	II	5.938	0.00146	<0.006	0.0055	0.00123	<0.0003	0.06726	<0.0003	0.01359	0.3924	<0.00009	0.0165	2.126	0.67549	0.1187	<0.0006	<0.0013	0.1409
		III	1.413	0.00223	<0.006	0.0073	0.00184	0.00031	0.11916	<0.0003	0.01017	0.0823	<0.00009	0.0123	14.691	0.87733	0.253	<0.0006	<0.0013	0.1188
		IV	2.185	0.00108	<0.006	0.007	0.00155	<0.00003	0.06398	<0.0003	0.01998	0.0929	<0.00009	0.0116	4.895	0.95819	0.202	<0.0006	<0.0013	0.0925
		I	3.644	<0.00010	<0.006	0.0104	0.0014	0.00071	0.13418	<0.0003	0.02924	0.0228	<0.00009	0.0129	16.127	0.71617	0.2924	<0.0006	<0.0013	0.166
	2022	I	3.644	<0.00010	<0.006	0.0104	0.0014	0.00071	0.13418	<0.0003	0.02924	0.0228	<0.00009	0.0129	16.127	0.71617	0.2924	<0.0006	<0.0013	0.166
		II	1.578	<0.00010	<0.006	0.0075	0.00131	0.0005	0.06735	<0.0003	0.01457	0.0368	<0.00009	0.0064	11.57	0.47257	0.1619	<0.0006	<0.0013	0.0882

Estación de monitoreo	Año	Trimestre	Al mg/l	As mg/l	B mg/l	Ba mg/l	Be mg/l	Cd mg/l	Co mg/l	Cr mg/l	Cu mg/l	Fe mg/l	Hg mg/l	Li mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Pb mg/l	Se mg/l	Zn mg/l
		III	0.614	0.00345	<0.006	0.0154	0.00072	0.00036	0.12094	< 0.0003	0.00903	0.2577	<0.00009	0.0151	20.481	0.95156	0.2664	<0.0006	<0.0013	0.1293
		IV	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F
		I	5.112	0.00209	<0.006	0.0103	0.00349	0.00068	0.22552	<0.0003	0.04525	0.0978	<0.00009	0.0242	14.424	1.07335	0.4511	<0.0006	<0.0013	0.3154
	2023	II	4.881	0.00123	<0.006	0.0121	0.003	0.00032	0.16083	<0.0003	0.039	0.0792	<0.00009	0.0176	12.616	0.94364	0.2766	<0.0006	<0.0013	0.3048
		III	1.712	0.00295	<0.006	0.0144	0.00156	0.00042	0.15667	<0.0003	0.01666	0.2582	<0.00009	0.0196	15.25	1.22656	0.2766	<0.0006	<0.0013	0.1827
		IV	0.237	0.0035	<0.006	0.0068	0.00011	<0.00003	0.02579	<0.0003	0.00523	0.6011	<0.00009	0.0051	7.22	0.32219	0.0396	<0.0006	<0.0013	0.0197

Nota.

S/F: Sin Flujo