



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO ANDACANCHA DE LA
CUENCA SAN JUAN EN CERRO DE PASCO**

Línea de investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

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

Autora:

Roncero Cabanillas, Estephany Alessandra

Asesor:

Altez Rodríguez, José Félix
(ORCID: 0009-0000-6714-8876)

Jurado:

Aguirre Cordero, Rogelio
Nizama Espinoza, Víctor Raúl
Miranda Jara, Angélica

Lima - Perú

2023

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO ANDACANCHA DE LA CUENCA SAN JUAN EN CERRO DE PASCO

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

2%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

3

DESSAU S&Z S.A.. "EIA-SD de la Central Hidroeléctrica Ayanunga-IGA0011410", R.D.R. N° 17-2017-GR-HUANUCO/DREMH , 2020

Publicación

1%

4

Ching Lo, Eric Buan, James Li, Wei Zhang. "Optimized efficiency of mapping a site contaminated with dioxins by immunoassay compared to gas chromatography-high resolution mass spectrometry", Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2015

Publicación

1%

5

pt.scribd.com

Fuente de Internet

1%

6

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO ANDACANCHA DE LA
CUENCA SAN JUAN EN CERRO DE PASCO

Línea de investigación: Biodiversidad, ecología y conservación

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

Autor:

Ronceros Cabanillas, Estephany Alessandra

Asesor:

José Félix Altez Rodríguez

(ORCID: 0009-0000-6714-8876)

Jurado:

Aguirre Cordero, Rogelio

Nizama Espinoza, Víctor Raúl

Miranda Jara, Angélica

Lima – Perú

2023

ÍNDICE

ÍNDICE	3
RESUMEN	6
ABSTRACT.....	7
I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Trayectoria del autor	10
1.2. Descripción de la Empresa.....	11
1.2.1. <i>Visión y misión de la empresa</i>	11
1.3. Organigrama de la Empresa.....	11
1.4. Áreas y funciones desempeñadas.....	12
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA	14
2.1. Descripción del Proyecto	14
2.1.1. <i>Formulación del problema</i>	14
2.1.2. <i>Antecedentes</i>	15
2.1.3. <i>Justificación de la investigación</i>	16
2.1.4. <i>Objetivos</i>	16
2.2. Bases teóricas.....	17
2.2.1. <i>Formaciones geológicas</i>	17
2.2.2. <i>Geología regional</i>	17
2.2.3. <i>Geología local</i>	18
2.2.4. <i>Aguas superficiales</i>	19
2.2.5. <i>Aguas subterráneas</i>	19
2.2.6. <i>Sedimento</i>	20
2.2.7. <i>Calidad del agua</i>	20
2.2.8. <i>Contaminación</i>	20
2.3. Método	21
2.3.1. <i>Tipo de investigación</i>	21

2.3.2.	<i>Nivel de investigación</i>	21
2.3.3.	<i>Diseño de investigación</i>	21
2.4.	<i>Población y muestra</i>	21
2.5.	<i>Instrumentos</i>	22
2.6.	<i>Procedimiento</i>	23
2.6.1.	<i>Revisión de la documentación disponible</i>	23
2.6.2.	<i>Recopilación de la información geológica del lugar</i>	23
2.6.3.	<i>Caracterización de los tramos a monitorear</i>	23
2.6.4.	<i>Evaluación de la calidad de agua superficial y sedimentos</i>	27
2.6.5.	<i>Resultados</i>	27
2.6.6.	<i>Análisis de los resultados</i>	41
III.	<i>APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA</i>	43
IV.	<i>CONCLUSIONES</i>	45
V.	<i>RECOMENDACIONES</i>	47
VI.	<i>REFERENCIAS</i>	48
VII.	<i>ANEXOS</i>	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Unidades geológicas identificadas en el área de estudio</i>	19
Tabla 2	<i>Ubicación de puntos de muestreo de calidad de agua superficiales</i>	26
Tabla 3	<i>Ubicación de puntos de muestreo de sedimentos</i>	26
Tabla 4	<i>Resultados de muestreo de agua</i>	28
Tabla 5	<i>Resultados de todos los metales evaluados en los puntos de muestreo de agua</i>	34
Tabla 6	<i>Resultados de sedimentos</i>	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Organigrama de FORESTSOIL E.I.R.L.</i>	12
Figura 2	<i>Parámetros mínimos recomendados en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales</i>	25
Figura 3	<i>pH en los puntos de muestreo de agua</i>	28
Figura 4	<i>Temperatura en los puntos de muestreo de agua</i>	29
Figura 5	<i>Concentración de Oxígeno disuelto (OD) en los puntos de muestreo de agua</i>	29
Figura 6	<i>Conductividad en los puntos de muestreo de agua</i>	30
Figura 7	<i>Aceites y grasas en los puntos de muestreo de agua</i>	30
Figura 8	<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en los puntos de muestreo de agua</i>	31
Figura 9	<i>Cianuro WAD en los puntos de muestreo de agua</i>	31
Figura 10	<i>Nitratos en los puntos de muestreo de agua</i>	32
Figura 11	<i>Sulfatos en los puntos de muestreo de agua</i>	32
Figura 12	<i>Concentraciones de Manganeso (mg/L) en los puntos de muestreo de agua</i>	33
Figura 13	<i>Concentraciones de Plomo (mg/L) de muestreo de agua</i>	33
Figura 14	<i>Concentraciones de Arsénico (mg/Kg) en los puntos de muestreo de sedimentos</i>	37
Figura 15	<i>Concentraciones de Cadmio (mg/Kg) en los puntos de muestreo de sedimentos</i>	38
Figura 16	<i>Concentraciones de Cobre (mg/Kg) en los puntos de muestreo de sedimentos</i>	38
Figura 17	<i>Concentraciones de Fosforo (mg/Kg) en los puntos de muestreo de sedimentos</i>	39
Figura 18	<i>Concentraciones de Mercurio (mg/Kg) en los puntos de muestreo de sedimentos</i>	40
Figura 19	<i>Concentraciones de Plomo (mg/Kg) en los puntos de muestreo de sedimentos</i>	40
Figura 20	<i>Concentraciones de Zinc (mg/Kg) en los puntos de muestreo de sedimentos</i>	41

RESUMEN

Con la intención de abordar la problemática que se tiene en cuanto a la contaminación de los ríos se desarrolló el presente informe de suficiencia profesional; esta contaminación se debe a distintos factores, entre ellos los factores geológicos presentes en el entorno de dichos cuerpos superficiales y los factores antropogénicos. Para lo cual se realizó la evaluación de un tramo del río Andacancha que se ubica en el departamento de Pasco, esta evaluación se realizó a través del muestreo tipo simple realizando una caracterización en zonas estratégicas del río, cuyos resultados en cuanto a la calidad del agua y sedimentos se compararon con estándares de calidad nacionales e internacionales. Así mismo, se recopiló información geológica y ambiental de la zona que evidenciaría el origen y comportamiento de los contaminantes. De esta manera, el propósito de este informe fue determinar las posibles causas de contaminación del río Andacancha, y obtener resultados de los parámetros de calidad de agua y sedimentos que se encuentran superando los estándares ambientales. Luego del análisis de los resultados, la recopilación de información de estudios ambientales realizados cercanos al río Andacancha, así como la recopilación de información geológica se presentan las conclusiones y recomendaciones, las cuales se consideran de mucha importancia en este estudio.

Palabras clave: calidad de agua, contaminantes, factores geológicos, sedimentos

ABSTRACT

With the intention of addressing the problem of river contamination, this professional sufficiency report was developed; this contamination is due to different factors, including geological factors present in the environment of these surface bodies and anthropogenic factors. For which the evaluation of a section of the Andacancha river located in the department of Pasco was carried out through simple sampling, performing a characterization in strategic areas of the river, whose results in terms of water and sediment quality were compared with national and international quality standards. Likewise, geological and environmental information was collected in the area to show the origin and behavior of the pollutants. Thus, the purpose of this report was to determine the possible causes of contamination of the Andacancha River, and to obtain results of water and sediment quality parameters that exceed environmental standards. After the analysis of the results, the compilation of information from environmental studies carried out near the Andacancha River, as well as the collection of geological information, conclusions and recommendations are presented, which are considered of great importance in this study.

Key words: water quality, contaminants, geological factors, sediments.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo entero, el agua es un recurso natural necesario para los seres vivos y para el desarrollo de cualquier país. Por lo cual, se debe tener en cuenta los problemas que acarrearán en el agua consumida por los seres humanos.

En América Latina tenemos muchos beneficios en cuanto a los recursos hídricos, puesto que la región está bien dotada de recursos de agua dulce y estos ecosistemas son vastos y diversos. (Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2013). Pero las malas prácticas actuales con respecto a las fuentes de agua pueden generar disputas sobre el tipo de agua y su calidad.

Uno de los problemas más importantes que tiene el Perú es la contaminación del agua y la disminución de su calidad, ya que pone en peligro el acceso regular de la población al agua, altera los hábitats y daña a las especies.

Según Pino et al. (2017) la geología de un lugar influye en el cuerpo hídrico y su calidad ya que el ciclo hidrológico interactúa con las temperaturas elevadas lo que genera la evaporación de las aguas del océano y que las nubes sean transportadas por la ventosidad hacia las partes altas de la cordillera, donde se adensan, evaporan y finalmente precipitan debido a las variaciones de temperatura y presión atmosférica. En la calidad del agua de la desembocadura de la cuenca influyen las variaciones climáticas, la geomorfología y la geología. Debido a la acción tectónica, las fuentes hidrotermales también añaden elementos contaminantes. Y las precipitaciones al caer sobre diversas superficies hacen que la fuerza del ataque erosivo del agua impacte en las rocas y sedimentos provocando su erosión y el desplazamiento de estos fragmentes por el río. Luego, según Catalán (1981) el agua que corre en la superficie terrestre como la que drena al interior de las rocas adquieren una composición química variable producto de la disolución de las mismas, los factores que intervienen en la

solubilización de las sales es la disolución y el ataque químico. Y según Olives (1996) entre estos factores figuran las precipitaciones que alimentan el río, la ubicación y dirección hacia donde van las aguas de lluvia que finalmente producen agresiones mecánicas que conllevan a la disolución de las rocas. Debido a este proceso, es crucial conocer los factores geológicos que tiene cada terreno por donde discurre el agua, ya que el agua se verá impactada en su composición.

Actualmente, un tramo del río Andacancha, ubicado en la localidad de Colquijirca, distrito de Tinyahuarco, en Cerro de Pasco, viene siendo afectado en su calidad de agua y sedimentos, provocando la muerte de los animales ganaderos que consumen aguas de este río. Alrededor de este río se encuentran formaciones geológicas propias de la zona, también se encuentran unidades mineras y la población realiza actividades ganaderas; por esta razón se buscó determinar las posibles causas de contaminación del río para lo cual se realizó una evaluación en puntos estratégicos y se evaluó los parámetros de calidad de agua y sedimentos que puedan estar superando los estándares ambientales.

1.1. Trayectoria del autor

El autor es bachiller de ingeniería ambiental de la Universidad Nacional Federico Villarreal y cuenta con experiencia en la elaboración de Instrumentos de Gestión Ambiental (IGAs) para diferentes sectores del Perú. Laboró en el sector privado como especialista ambiental brindando asesoría en consultoras ambientales.

Desde principio del 2018 hasta mediados del 2021, se desempeñó en el puesto de Ingeniera Ambiental en la Consultora Ambiental Ambiente Perú, en donde se dedicó a la elaboración de IGAs para proyectos de Agua potable y Saneamiento, Edificaciones, Transporte y Agricultura, en especial del sector Transportes, en donde tuvo la oportunidad de participar en proyectos de construcción de carreteras de la Amazonía del Perú. Anteriormente ya había sido parte de la misma consultora ambiental en donde trabajó como Ingeniera Ambiental Junior. La Consultora Ambiental Ambiente Perú se dedica a la elaboración de IGAs para encaminar el financiamiento y la ejecución de diversos proyectos en el sector público y también en el sector privado del Perú.

A fines del 2021 hasta inicios del 2022, ingresó a la Consultora Niversu Vita Saúde, ahora con nombre Consultora Delgado & Asociados en el puesto de Especialista ambiental, en donde se desempeñó cooperando en la elaboración de IGAs para infraestructura de comercialización y valorización de residuos sólidos, elaboración de manifiestos e informes de cumplimiento ambiental. La Consultora Niversu Vita Saúde se dedica a la asesoría en temas ambientales para infraestructuras de residuos sólidos e infraestructuras de actividades manufactureras y de comercio interno.

Desde el año 2022 hasta fines de agosto del 2023, trabajó en la Consultora Ambiental Forestsoil en donde se desempeñó en el cargo de Especialista ambiental, brindando asesoría en temas ambientales y elaborando IGAs para los sectores de Construcción, Producción y Turismo, además brindando capacitaciones de cursos relacionados a la gestión ambiental de

proyectos en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). La Consultora Ambiental Forestsoil se dedica a brindar servicios ambientales y forestales con soluciones integrales de alta calidad y participa activamente en brindar capacitaciones ambientales para fomentar la educación ambiental en el Perú.

1.2. Descripción de la Empresa

FORESTSOIL es una Consultora Ambiental que cuenta con amplia experiencia realizando IGAs en el Perú. Ha participado en más de 1200 proyectos ambientales, también ha participado en la recuperación y remediación de áreas contaminadas, a través del manejo de suelos y reforestación, para empresas de hidrocarburo y gas. FORESTSOIL gracias a su gran experiencia brinda servicios de calidad en gestión de permisos, monitoreos ambientales, programas socio ambientales, así como también servicios forestales. Además, brinda charlas y capacitaciones en temas ambientales para fomentar la educación ambiental en el Perú.

Datos Generales

- Razón Social: FORESTSOIL
- RUC: 20302733385
- Dirección Legal: Av. Javier Prado Este Nro. 6915 Dpto. 302

1.2.1. Visión y misión de la empresa

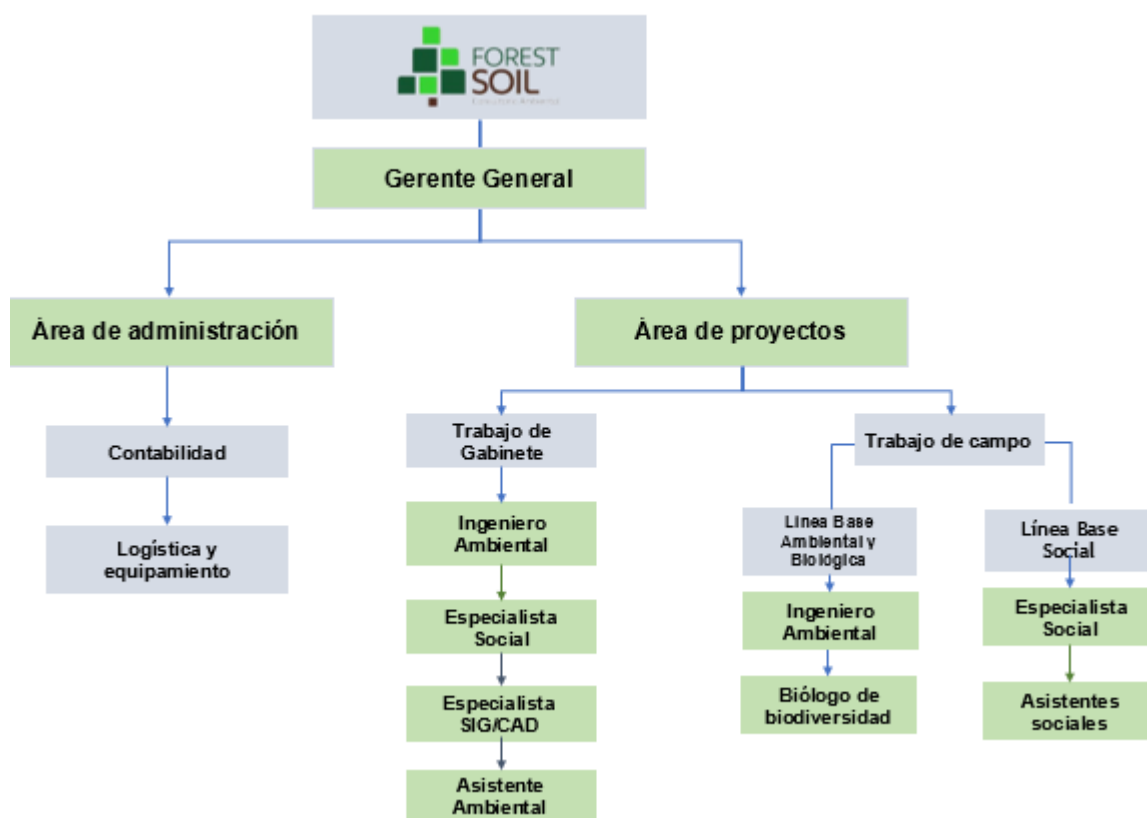
La visión de la empresa FORESTSOIL E.I.R.L. según su página web es: “Ser líderes de asesoría ambiental en las áreas de energía, minería, electricidad, industrias, edificaciones, infraestructura vial, agricultura, forestal y turismo” y la misión es: “Brindar asesoramiento en medio ambiente, manejo forestal y suelos que les brinde soluciones innovadoras” (FORESTSOIL Consultoría Ambiental, 2023).

1.3. Organigrama de la Empresa

En la Figura 1 se presenta el organigrama de la Consultora Ambiental FORESTSOIL.

Figura 1

Organigrama de FORESTSOIL E.I.R.L.



1.4. Áreas y funciones desempeñadas

En el puesto de Especialista Ambiental desempeñé funciones como las que presento a continuación:

- Elaboración de la Ficha Técnica Ambiental para una construcción de un Centro Cultural y Turístico el cual es un proyecto de atracción turística para promover el patrimonio cultural del país.
- Elaboración del IGA para un proyecto de Habilitación Urbana ubicado en zonas eriazas, sin conexión al agua potable, el cual promueve el disfrute de áreas campestres.
- Elaboración de informes de monitoreo ambiental de una planta de producción de residuos oleosos, como parte del cumplimiento de sus compromisos ambientales.

- Elaboración del IGA de un proyecto de mejoramiento de sitios históricos y culturales, espacios conectores y emblemáticos de Lima, este proyecto tuvo como finalidad promover la cultura y el disfrute de los sitios históricos de Lima.
- Elaboración de un IGA de un proyecto de mejoramiento de espacios públicos conectores, emblemáticos y paisajes históricos culturales en Ayacucho, el cual tuvo como finalidad promover la cultura del patrimonio de la nación.
- Elaboración del IGA de instituciones dedicadas a la capacitación profesional y tecnológico.
- Elaboración de informes de monitoreo ambiental de 4 colegios que forman parte de la reconstrucción de colegios en el Perú.
- Asesoría en cuanto a la normativa ambiental nacional y capacitaciones en temas ambientales.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

En la Consultora Ambiental Forestsoil tuve la oportunidad de elaborar IGAs, muestreos y monitoreos ambientales, evaluación socio ambiental de proyectos, así mismo dicté capacitaciones ambientales y brindé asesoría ambiental a distintos clientes de la empresa.

En este capítulo, con la intención de investigar sobre los problemas de contaminación de cuerpos de agua superficiales debido a distintos factores, entre ellos los factores geológicos y antropogénicos; se realizó un estudio del río Andacancha en el mes de abril del año 2022, en el que se evaluó la contaminación en base a los parámetros de calidad de agua y sedimentos, se recopiló información geológica resaltante de la zona y se emitió conclusiones y recomendaciones respecto a lo evaluado.

2.1. Descripción del Proyecto

Según Rodríguez et al. (2011), cuya publicación es parte del del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), se advierte que en el distrito minero de Colquijirca hay un tipo de mineralización: depósitos de Cu – (Au – Ag) y Zn – Pb – (Ag) que son ricos en sulfuros. Estos depósitos dan origen a la enargita que es un compuesto de cobre y arsénico, lo cual estaría influyendo en las concentraciones anómalas de la calidad del agua. Carhuas (2019) por su parte, también encontró concentraciones elevados de los metales en los cuerpos de agua de la zona. Por tal motivo, se desea evaluar un tramo del río Andacancha en puntos estratégicos para determinar las posibles causas de contaminación de este río, que se encuentra en el distrito de Tinyahuarco, en Pasco.

2.1.1. Formulación del problema

a) Problema general

¿Cuáles son las posibles causas de contaminación del río Andacancha de la cuenca San Juan?

a) Problemas específicos

¿Cuáles son los parámetros que se encuentran superando los Estándares de calidad de agua (ECAs) y los estándares internacionales de calidad para sedimentos?

2.1.2. Antecedentes

Rojas & Rojas (2023) en su estudio titulado “Caracterización y determinación de la calidad de agua superficial” tuvo por objetivo realizar la caracterización de la Hoya Hidrográfica de Coata, ubicada en la región de Puno, evaluar su calidad utilizando el índice de calidad de agua (ICA-PE), así como describir la geología de la zona y determinar las principales causas de contaminación. Para lo cual se usó los resultados de cinco años de análisis de calidad del agua realizados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Como parte de sus conclusiones se identificaron que las formaciones geológicas son de rocas sedimentarias volcánicas que van desde la Formación Calapuja hasta la formación Azángaro y están recubiertos por otros depósitos del Cuaternario; estas formaciones habrían aportado a la mineralización de la zona. También se identificaron las fuentes contaminantes de origen antrópico, cuyo comportamiento ha sido evolutivo debido a la adecuación de la normativa ambiental en el Perú, pero aún se tiene alteración debido a los lixiviados de unidades mineras y de aguas residuales que provienen de actividades domésticas.

Tacora (2016) en su tesis titulada “Efectos de las características ambientales y geológicas sobre la calidad de agua en la cuenca Caplina – Tacna” tuvo por objetivo analizar las características ambientales y geológicas de la cuenca para determinar su calidad resultante. Se recopiló información de análisis de calidad de agua, así mismo, se evaluó la geomorfología y la geología de la zona realizando mapeo geológico para identificar la influencia en su calidad. Se concluye que el análisis geomorfológico explica que las elevadas pendientes de la Cordillera Occidental y la elevada circulación del agua provocada por la escorrentía superficial debido a las lluvias estivales erosionan las rocas andesíticas, lo cual produce que los sedimentos

aumenten en su disponibilidad y sean transportados repetidamente por el agua. También se analizó las relaciones del clima, la hidrología y la geología y se determinó que mientras aumenta la precipitación en la cuenca, la concentración de ciertos metales disminuye.

Carhuas (2019) realizó un estudio llamado “Evaluación de la contaminación físico-química y microbiológica de las aguas superficiales del río San Juan afectadas por la empresa minera El Brocal S.A. – 2019” el cual tuvo por objetivo mostrar los niveles de contaminación debido a la actividad minera, para lo cual se realizó muestreos simples en coordenadas estratégicas cercanas a componentes de la minera El Brocal. El estudio concluye que existe concentraciones elevadas, particularmente el Plomo y el Hierro, lo cual origina que haya contaminación en el río, el cual desemboca en el Lago Junín.

Chirinos (2022) realizó un estudio llamado “Índice de calidad de agua y contenido de metales pesados en el río San Juan, Cerro De Pasco”. Tuvo por objetivo analizar los resultados de la calidad del agua realizados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el periodo del año 2012 al año 2018, los que usó para generar el Índice de calidad, con lo cual se concluye que en la parte alta de la cuenca se tiene una calificación Buena; en la parte media, pobre y en la parte baja, marginal a regular.

2.1.3. Justificación de la investigación

La elevada mineralización en el agua del río Andacancha está generando la intoxicación y pérdida de los animales debido a la ingesta de las aguas contaminadas. Por lo cual, se pretende determinar las posibles causas de contaminación del río para lo cual se realizó una evaluación en un tramo de este río mediante la técnica de muestreo simple cuyos resultados de los parámetros de calidad de agua y sedimentos fueron comparados con la normativa vigente. La importancia de llevar a cabo este estudio fue demostrar la influencia de los factores geológicos y antrópicos que influyen en la contaminación de los recursos hídricos.

2.1.4. Objetivos

- **Objetivo General**

Determinar las posibles causas de contaminación del río Andacancha de la cuenca San Juan en la ciudad de Cerro de Pasco.

- **Objetivos específicos**

Determinar los parámetros de calidad de agua y sedimentos que se encuentren superando los Estándares de calidad ambiental de agua y los Estándares internacionales de calidad para sedimentos

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Formaciones geológicas

Se define como formación a una unidad litoestratigráfica primaria o formal que identifica a cuerpos de rocas definidos sobre las bases de sus propiedades litológicas o combinaciones de propiedades litológicas y estratigráficas. Las unidades litoestratigráficas se reconocen por sus rasgos físicos, edad, tiempo, historia geológica y forma (Murphy & Salvador, 1999).

2.2.2. Geología regional

A nivel regional, la geología se ha descrito según Rodríguez et al. (2011), cuya publicación es parte del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). El área de estudio está rodeada de anticlinales asimétricos, se tiene fallas longitudinales como la de Cerro de Pasco y Huallay que dan origen a la sedimentación de los grupos Mitu y Pucará, así mismo, se destaca el grupo Excelsior.

i. Mina Cerro de Pasco

Al noreste del área de estudio se encuentra la mina Cerro de Pasco tiene origen desde el Mioceno medio, su estructura corta al Grupo Pucará compuesto por calizas y carbonatos. Allí se encuentran cuerpos verticales de Zn – Pb, que contienen esfalerita, también hay vetas de Cu – Ag – (Zn – Pb – Au).

ii. Área Colquijirca

En esta área se encuentra la mina de Colquijirca, la cual tiene dos tipos de mineralización: a) depósitos de Cu – (Au – Ag) y Zn – Pb – (Ag), estos depósitos son ricos en sulfuros y dan origen a la enargita que es un compuesto de cobre y arsénico, y b) el depósito de Oro presente en rocas volcánicas. Según Cobbing et al. (1996), cuya publicación es parte del INGEMMET, los yacimientos de esta zona siguen un rumbo general de N – S y también se puede encontrar lineamientos con dirección NO – SE. En cuanto a la estratigrafía, las unidades son del Paleozoico inferior al Cuaternario reciente. También, se destaca el grupo Pucará como el metalotecto principal.

2.2.3. *Geología local*

Según Rodríguez et al. (2011), las formaciones geológicas que se encuentran en el área de estudio son:

- **Grupo Mitu**

En el norte del río Andacancha aflora esporádicamente el grupo Mitu, que se compone de rocas y fragmentos de color gris, cuya parte superior es de areniscas de color rojo. En cuanto a la edad sería del Pérmico Superior al Triásico inferior.

- **Grupo Pucará**

El grupo Pucará es el metalotecto principal de la zona de estudio, son formaciones de calizas que tienen coloración gris azulinas y se encuentran cerca a la formación Excelsior.

- **Grupo Excelsior**

El grupo Excelsior se componen de lutitas negras con areniscas cuarzosas, el techo de esta formación está aflorado por el grupo Mitu.

- **Formación Pocobamba**

Esta formación alcanza a tener 300 metros de espesor y se encuentra sobre el grupo Pucará y también sobre el grupo Mitu.

- **Complejo volcánico Marcapunta**

Son domos de lava y alcanzan espesores de hasta 300 metros. Se componen de una serie de calcoalcalina.

En la Tabla 1 se muestra las unidades geológicas identificadas en el área de estudio del río Andacancha.

Tabla 1

Unidades geológicas identificadas en el área de estudio.

Era	Sistema	Serie	Unidades litoestratigráficas	
Cenozoica	Neógeno	Mioceno	Marcapunta- dacita, cuarzolatita	Nm-mar-da,cla
	Paleógeno	Paleoceno	Formación Pocobamba	Ksp-c
Mesozoica	Triásico	Superior	Grupo Pucará	TsJi-p
		Inferior	Grupo Mitu	PET-m
Paleozoico	Devónico	Inferior	Grupo Excelsior	SD-e

Nota: Tomado de Quispesivana, L. & Rodríguez, R., 2017.

2.2.4. Aguas superficiales

El agua superficial es toda agua que se encuentra a nivel de la superficie. Según ANA (2020), son los recursos hídricos que se encuentran en la superficie del suelo. Estos no solo se deben a la influencia de los glaciares, sino también a las precipitaciones. Ocurren en etapa de circulación o en reposo, en circulación son los ríos, manantiales y arroyos; y en reposo son los lagos, lagunas, embalses y humedales.

2.2.5. Aguas subterráneas

Según Duque (2022), las aguas subterráneas son las que existen debajo de la superficie terrestre, en los poros de las rocas o en las masas de regolito. Se hallan en zonas húmedas o en desiertos a cientos de metros de profundidad. Pueden proceder de las aguas de precipitación y condensación.

i. Aguas de precipitación:

Las precipitaciones del ciclo hidrológico se producen principalmente en los mares y un 73% en la superficie terrestre. Por otra parte, el aporte de calor a través de la radiación solar convierte el agua en vapor alcanzando 10^{12} metros cúbicos por día sobre la tierra. Este vapor que sube a la atmósfera tiene una presión parcial determinada principalmente por la temperatura de la superficie de generación.

ii. Aguas de condensación:

Las aguas de condensación también tienen participación en las aguas subterráneas y tienen diferentes características según sea el terreno permeable o de escasa permeabilidad.

2.2.6. *Sedimento*

Es el material fragmentario que se origina por la erosión de las rocas preexistentes capaces de transportarse y depositarse en el fondo marino, lecho de lagos y depresiones continentales. Se clasifican según el ambiente de depósito, el tipo de depósito y la granulometría. Se clasifican en ambientes marinos, lacustres, fluviales, continentales y otros. Pueden ser depósitos eólicos, glaciares, fluviales, marinos o de otro tipo. También pueden dividirse en categorías orgánicas e inorgánicas en función de su lugar de origen. en función de los componentes que los constituyen en clástica o fragmentaria y no clásticas. Por último, en cuanto a la granulometría, existen bloques, guijarros, gravas, arenas, limos y arcillas (Dávila, 2011, definición S 277).

2.2.7. *Calidad del agua*

Lo define su estado de conservación. Según ANA (2020), las características físicas, químicas y también biológicas del agua determinan su calidad y nos ayudan a evaluar su uso final.

2.2.8. *Contaminación*

Es la introducción de cualquier tipo de residuo peligroso, directo o indirecto, que suponga un riesgo para la salud pública, el medio ambiente, la fauna, los recursos biológicos o los ecosistemas, así como para las zonas recreativas, los usos lícitos del suelo y la salud humana (Conesa, 2011).

2.3. Método

2.3.1. Tipo de investigación

Es descriptiva ya que busca especificar procesos, características, fenómenos, variables en una situación determinada (Hernández, 2018).

2.3.2. Nivel de investigación

Según la intervención del investigador, el presente estudio reúne las características del nivel explicativo ya que se pretenden establecer relaciones de causalidad de los sucesos o fenómenos en situaciones determinadas (Hernández, 2018).

2.3.3. Diseño de investigación

Es transversal porque se recolectan mediciones para un tiempo único en un contexto determinado (Hernández, 2018).

2.4. Población y muestra

- **Población**

Las aguas del río Andacancha es la población del estudio.

- **Muestra**

Las muestras son porciones de agua tomadas del río Andacancha en los puntos de muestreo.

- **Ámbito temporal y espacial**

- **Ubicación política**

La ubicación del río se encuentra en la comunidad Santa Rosa de Colquijirca, que pertenece al distrito Tinyahuarco en la región Pasco.

- **Ubicación geográfica**

La ubicación del río Andacancha se encuentra aproximadamente en el kilómetro 296 de la Carretera Central y a una altitud de 4300 m.s.n.m.

En los Anexos se encuentra el Mapa N° 01 Mapa de ubicación que se realizó para una mejor apreciación del área de estudio, en la que se observa las unidades mineras cercanas al área de estudio y el Mapa N° 02 Mapa hidrográfico que ubica al río Andacancha en la Cuenca San Juan.

2.5. Instrumentos

• **Cartas nacionales**

La información cartográfica utilizada fue la Carta Nacional Cerro de Pasco, ubicada en el Cuadrángulo 22-k, el cual ha sido elaborada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

• **Mapas temáticos**

- Mapa geológico del Cuadrángulo 22-k (Quispesivana, & Rodríguez, 2017) publicado por INGEMMET.
- Mapa de unidades Hidrográficas del Perú (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2010).
- Mapa de Cobertura Vegetal del Perú (MINAM, 2015)

• **Datos espaciales**

- Datos espaciales disponibles en la Plataforma Nacional de Datos Abiertos
- Datos espaciales disponibles en la página web del Sistema de Información Geológico y Catastral Minero (GEOCATMIN)

• **Equipos**

- Computadora de procesador CORE i5
- GPS
- Cámara fotográfica
- Peachímetro

- **Programas informáticos**

Los diferentes softwares que se han utilizado para el procesamiento, automatización y sistematización de la información, son los siguientes:

- ArcGIS 10.3

En la ubicación, delimitación de la zona de estudio y elaboración de mapas temáticos

- Google Earth Pro

Para explorar imágenes por satélite y ubicación de coordenadas.

- Excel 2013

Se usó el Excel para el análisis de los resultados después del muestreo.

- Word 2013

Se utilizó para la elaboración de documentos.

2.6. Procedimiento

2.6.1. *Revisión de la documentación disponible*

Tanto en el trabajo de gabinete como durante el de campo se consultó toda la documentación bibliográfica de la zona, los documentos revisados fueron:

- Boletines de INGEMMET
- Estudios ambientales realizados en la zona de estudio
- Información primaria de investigación.

2.6.2. *Recopilación de la información geológica del lugar*

En los ítems 2.2.2 y 2.2.3 se presenta la recopilación geológica del lugar y en los anexos se muestra el Mapa N° 03 Mapa Geológico que se elaboró para el área de estudio.

2.6.3. *Caracterización de los tramos a monitorear*

Durante el muestreo se siguió las pautas de la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA que establece los criterios para realizar monitoreos de calidad de agua. Se aplicó el muestreo Simple o Puntual, el cual se trata de tomar una porción de agua en una estación o punto

determinado y realizar su análisis. Este muestreo representó la condición de los parámetros analizados en el tiempo, lugar y circunstancias específicas del estado original de la masa de agua.

Para el caso de los sedimentos, también se realizó muestreo simple o puntual; para ello se recolectó unas muestras de aproximadamente 2 kg de sedimento. Se rotularon las muestras y fueron preservadas a 4°C y enviadas ante un laboratorio registrado en el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) en el que se realizó el análisis respectivo.

- **Número de muestras**

El número de muestras se determinó tomando en cuenta el área de interés del río Andacancha, para los fines de este estudio se realizó un total de 7 muestras de agua superficiales y 7 de sedimentos.

- **Parámetros a analizarse**

- a) Calidad de Aguas Superficiales**

Según la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA que establece los criterios para realizar monitoreos de calidad de agua, se recomienda parámetros mínimos para el control de la calidad del agua natural de un cuerpo receptor. En la Figura N.º 2 se aprecia los parámetros mínimos en función a las categorías del cuerpo receptor.

Figura 2

Parámetros mínimos recomendados en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales

Parámetros	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4 Ríos, lagunas y lagos	Categoría 4 Ecosistemas marino-costeros
Parámetros de campo	pH, T, Cond, OD	pH, T, OD	pH, T, Cond, OD	pH, T, Cond, OD	pH, T, OD
Parámetros químico-físicos	DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, SST, N-NO ₃ , P, sulfuros, metales (As, B, Ba, Cd, Cu, Cr ⁶ , Hg, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , sulfatos, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, SST, N _{ox} , N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (As, Ba, Cd, Cu, Cr ⁶ , Hg, Ni, Pb, Zn),	DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (As, Cd, Cu, Cr ⁶ , Hg, Ni, Pb, Zn)
Parámetros microbiológicos	Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Organismo de vida libre	Coliformes termotolerantes,	Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Huevos y larvas de helmintos,	Coliformes termotolerantes,	

Nota: Tomado de ANA, 2016.

Debido a que en la Resolución Jefatural N°056-2018-ANA no se ha sido definido la clasificación del río Andacancha, le corresponde la Categoría 3 establecido para el río San Juan, por ser este el río principal de la microcuenca donde desemboca el río Andacancha. Por lo tanto, los parámetros seleccionados del Protocolo Nacional serán los que se encuentran en la Categoría 3. En este contexto, los parámetros para la evaluación son: Potencial de Hidrógeno (pH), temperatura (T°), Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Aceites y grasas (A y G), nitratos (N-NO₃), Sulfatos, cianuro wad (CN Wad) y Metales Totales.

b) Sedimentos

En el caso de sedimentos se analizaron las concentraciones de metales totales expresados en mg/kg.

c) Ubicación de puntos de muestreo

Las coordenadas de ubicación de las estaciones de muestreo se pueden observar en la Tabla 2 y Tabla 3, tanto para las estaciones de muestreo de agua superficial y el muestreo de

sedimentos, respectivamente. Además, en los anexos se tiene el Mapa N°04 Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo.

Tabla 2

Ubicación de puntos de muestreo de calidad de agua superficiales

Matriz	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 S	
		Este	Norte
Agua	QM-01	359790	8812343
	QM-02	359712	8812043
	QM-03	359304	8811852
	QM-04	359291	8811907
	QM-05	359345	8811598
	QM-06	359511	8811951
	QM-07	359653	8811981

Tabla 3

Ubicación de puntos de muestreo de sedimentos

Matriz	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 S	
		Este	Norte
Sedimentos	SED-01	359790	8812343
	SED-02	359712	8812043
	SED-03	359304	8811852
	SED-04	359291	8811907
	SED-05	359345	8811598
	SED-06	359511	8811951
	SED-07	359653	8811981

d) Estándares de comparación

Los resultados del análisis de las muestras de agua fueron comparados con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM que establece los ECA para Agua, el uso del Río Andacancha es de Categoría 3 Subcategoría D2: Bebida de animales, por lo que todas las muestras fueron comparadas con esta categoría.

En el caso de los sedimentos debido a que nuestro país no cuenta con estándares de calidad ambiental, de manera referencial los resultados obtenidos fueron comparados con la normativa internacional canadiense del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente (CCME). En estas directrices se tienen dos tipos de valores, los límites que por debajo no se esperan efectos adversos (ISQC) y el Nivel de efecto probable (PEL) que son las concentraciones que por encima de las cuales es frecuente encontrar efectos perjudiciales (CCME, 2022). Para este caso concreto se han tenido en cuenta los límites recomendados para las masas de agua dulce y las concentraciones por encima de las cuales se prevé efectos biológicos perjudiciales.

2.6.4. Evaluación de la calidad de agua superficial y sedimentos

Para el análisis de calidad ambiental en el área de estudio se consideraron siete (07) puntos de muestreo tanto para agua como para sedimentos. En el mes de abril del año 2022 se llevó a cabo el muestreo en la zona de estudio, cuyas muestras fueron llevadas a un laboratorio acreditado por el INACAL en donde se realizó su respectivo análisis.

2.6.5. Resultados

Agua superficial

En la Tabla 4 se presenta los resultados de las muestras analizadas en los 07 puntos de muestreo, estos resultados fueron comparados con los ECA para agua. Para la comparación de la temperatura se usaron los datos de la página web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) para obtener el promedio mensual multianual de temperatura en el periodo del año 2017 al 2021. En los anexos se encuentra el promedio mensual y anual de temperatura del área de estudio.

Tabla 4

Resultados de muestreo de agua

Puntos de muestreo	Parámetros físicos y químicos								
	pH	T (°C)	OD (mg/L)	Cond. (µS/cm)	Aceites y grasas (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Cianuro WAD (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Sulfatos (mg/L)
QM-01	6.63	8.5	5.56	36.2	0.30	1.2	<0.001	<0.014	<0.50
QM-02	7.68	10.0	6.65	177.8	<0.25	<1.1	<0.001	<0.014	8.6
QM-03	7.52	11.8	6.32	221.0	<0.25	<1.1	<0.001	0.034	55
QM-04	7.33	18.8	5.99	76.1	0.28	1.7	<0.001	<0.014	11
QM-05	7.76	14.8	6.04	225.0	0.27	<1.1	<0.001	0.015	48
QM-06	7.42	9.8	6.89	218.0	<0.25	<1.1	<0.001	<0.014	50
QM-07	7.19	10.4	6.88	215.0	0.27	<1.1	<0.001	<0.014	46
ECA para Agua Cat. 3 D2 (D.S. N° 004-2017-MINAM)	6.5-8.4	Δ 3	≥5	5000	10	15	0.1	100	1000

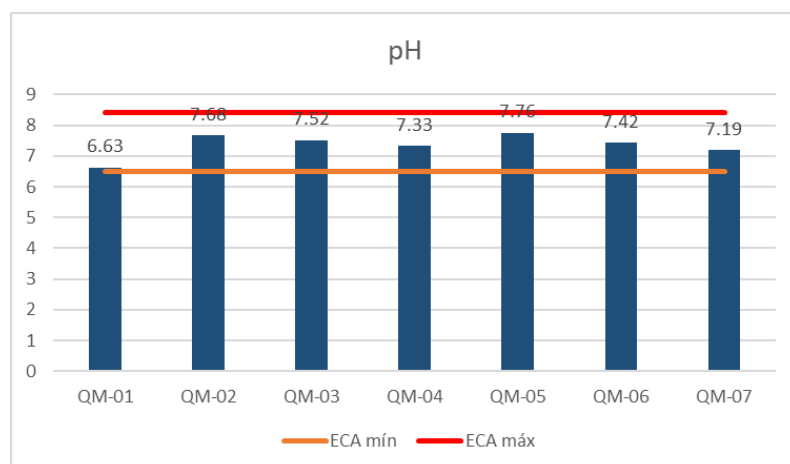
Nota: Temperatura promedio anual = 5.9 °C

pH

En la Figura 3 se muestra que todos los puntos de análisis de pH presentan concentraciones entre 6.5 y 8.4 según el ECA para agua

Figura 3

pH en los puntos de muestreo de agua



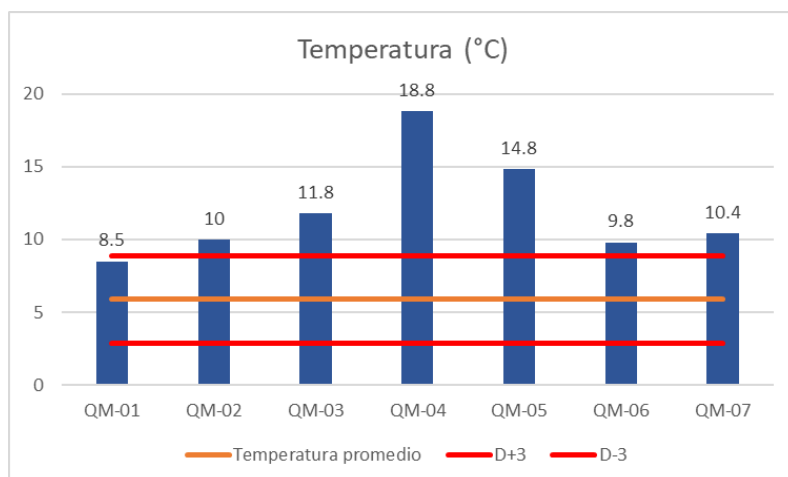
Temperatura

Con respecto a la temperatura, se obtuvo temperaturas con una variación mayor a los 3 grados centígrados mayor o menor del promedio mensual multianual de temperatura de 5.9 °C

del área evaluada, especialmente en los puntos QM-03, QM-04 y QM-05 con 11.8 °C, 18.8 °C y 14.8 °C respectivamente (ver Figura 4).

Figura 4

Temperatura en los puntos de muestreo de agua

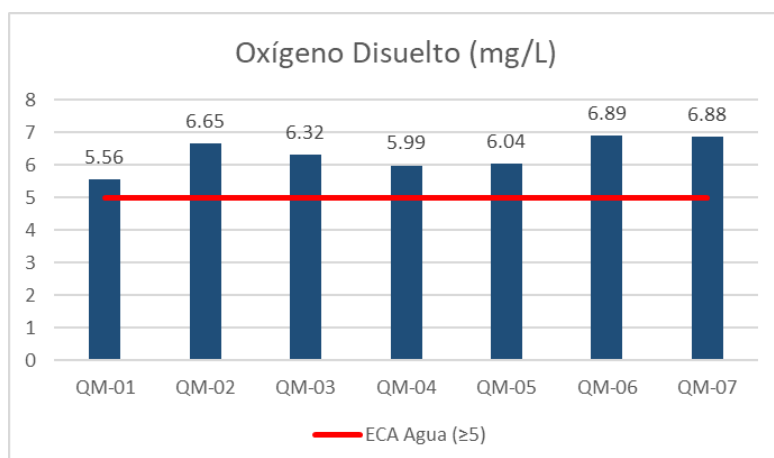


Oxígeno Disuelto (OD)

Se obtuvo valores que superaron la concentración de 5 mg/l, según el ECA para agua, en todas las estaciones de muestreo (ver Figura 5).

Figura 5

Concentración de Oxígeno disuelto (OD) en los puntos de muestreo de agua

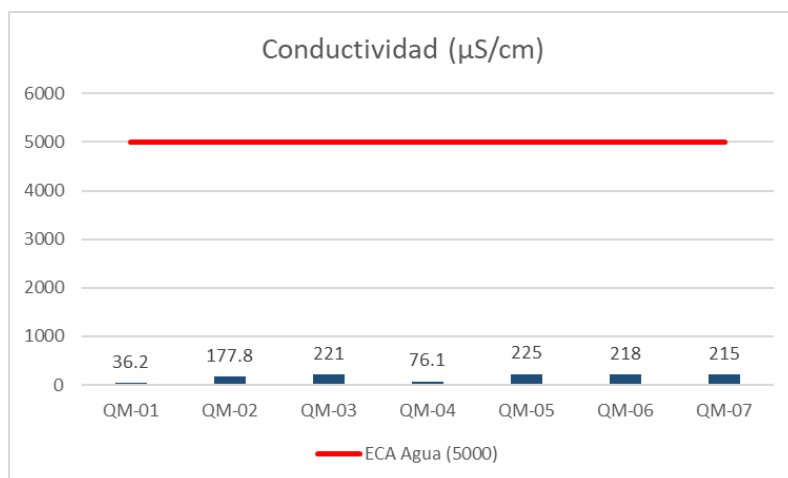


Conductividad

Con respecto a la conductividad, todas las estaciones de muestreo presentaron concentraciones debajo de los 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ver Figura 6).

Figura 6

Conductividad en los puntos de muestreo de agua

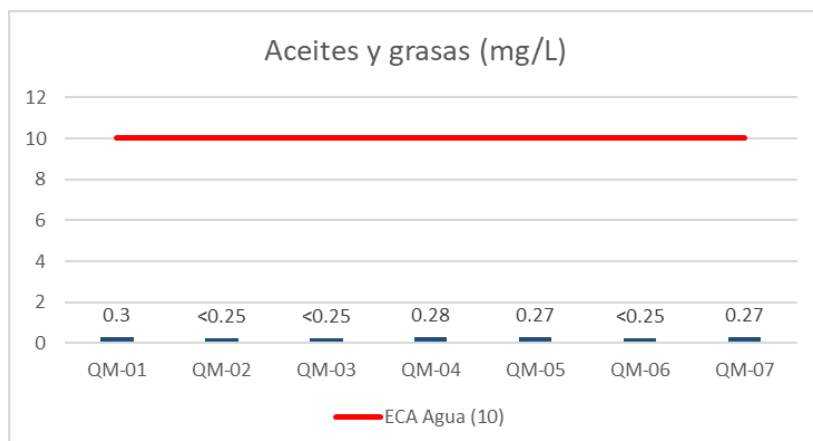


Aceites y grasas

Para este análisis, en todas las estaciones de muestreo se presentaron valores que no superaron los 10 mg/L según el ECA para agua (ver Figura 7).

Figura 7

Aceites y grasas en los puntos de muestreo de agua

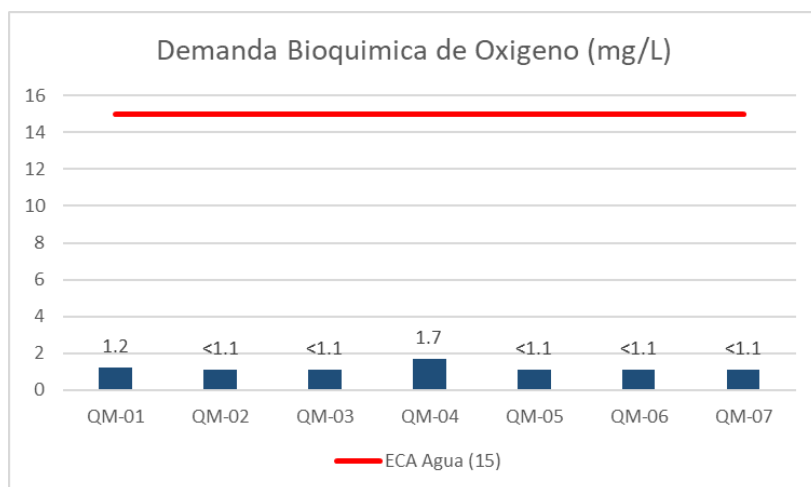


Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

En la Figura 8 se muestra que todas las concentraciones no superaron los 15 mg/L según el ECA para agua.

Figura 8

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en los puntos de muestreo de agua

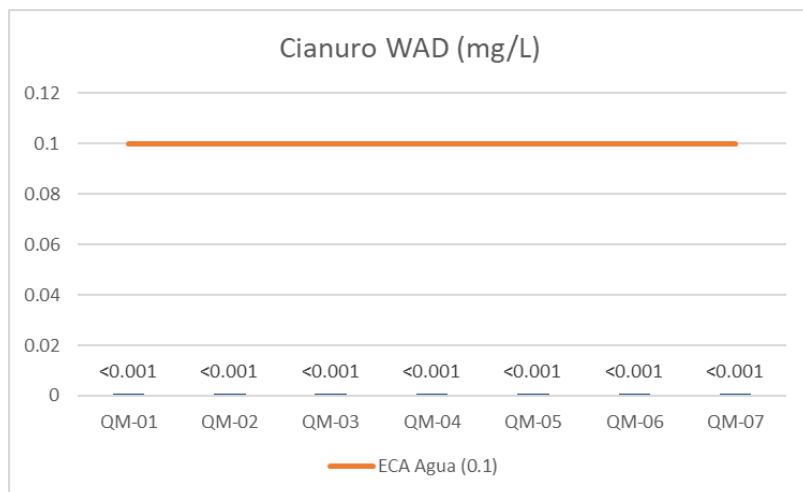


Cianuro WAD

En todos los puntos de muestreo se presentaron valores por debajo de los 0.1 mg/L según lo indicado en los ECA para agua (ver Figura 9).

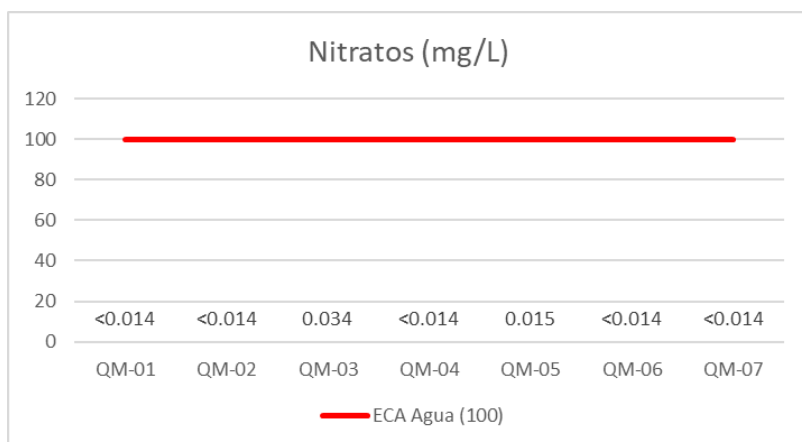
Figura 9

Cianuro WAD en los puntos de muestreo de agua

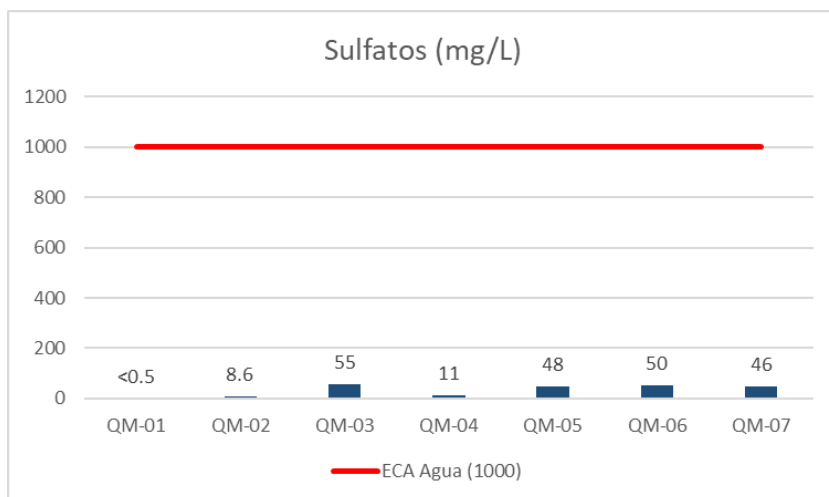


Nitratos

Los valores de análisis de nitratos no superaron los 100 mg/L según el ECA para agua (ver Figura 10).

Figura 10*Nitratos en los puntos de muestreo de agua***Sulfatos**

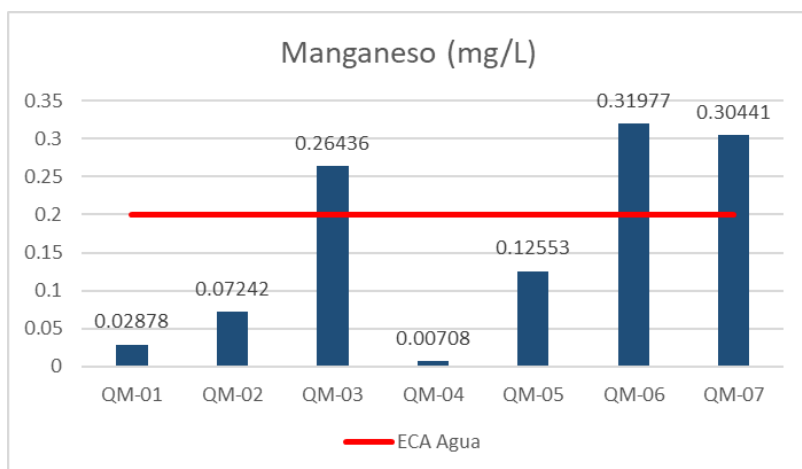
En la Figura 11 se puede ver que en todas las estaciones de muestreo no se superó la concentración de 1000 mg/L dada por el ECA para agua.

Figura 11*Sulfatos en los puntos de muestreo de agua***Manganeso**

Con respecto al Manganeso, en la Figura 12 se aprecia concentraciones elevadas en las estaciones de muestreo QM- 03, QM-06 y QM-07 con 0.26, 0.32 y 0.30 mg/L respectivamente; que superan el valor de 0.2 mg/L, según lo indicado en los ECA para agua.

Figura 12

Concentraciones de Manganeso (mg/L) en los puntos de muestreo de agua

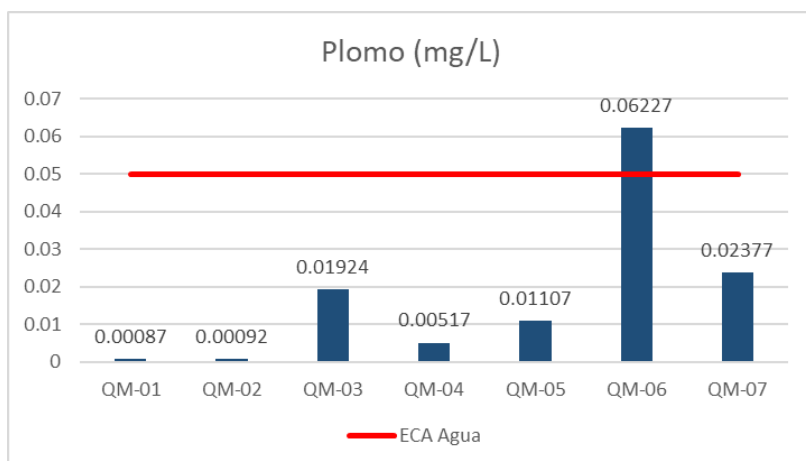


Plomo

Con respecto al Plomo, se obtuvo una concentración elevada en la estación de muestreo QM-06 con 0.06 mg/L; que superó el ECA para agua de 0.05 mg/L mientras que las otras concentraciones no superaron el estándar (ver Figura 13).

Figura 13

Concentraciones de Plomo (mg/L) de muestreo de agua



A continuación, en la Tabla 5 se muestran los resultados de todos los metales evaluados:

Tabla 5

Resultados de todos los metales evaluados en los puntos de muestreo de agua

Puntos de muestreo	Parámetros inorgánicos (mg/L)													
	Aluminio	Antimonio	Arsénico	Bario	Berilio	Bismuto	Boro	Cadmio	Calcio	Cerio	Cobalto	Cobre	Cromo	Estaño
QM-01	0.090	0.00178	0.00519	0.0096	<0.00001	<0.00001	0.009	<0.00001	6.5	<0.00001	<0.00003	0.0152	<0.001	<0.00004
QM-02	0.049	0.00133	0.00348	0.0164	<0.00001	<0.00001	0.010	<0.00001	33	<0.00001	<0.00003	0.0066	<0.001	<0.00004
QM-03	0.653	0.00193	0.01420	0.0145	<0.00001	0.00039	0.009	0.00451	36	0.00196	0.00200	0.1576	<0.001	<0.00004
QM-04	0.107	0.00512	0.01506	0.0207	<0.00001	<0.00001	0.009	0.00035	13	<0.00001	<0.00003	0.0575	<0.001	<0.00004
QM-05	0.292	0.00223	0.00898	0.0192	<0.00001	<0.00001	0.009	0.00224	33	0.00084	0.00090	0.0940	<0.001	<0.00004
QM-06	0.902	0.00337	0.02303	0.0158	<0.00001	0.00324	0.009	0.00531	37	0.00276	0.00261	0.2064	<0.001	<0.00004
QM-07	0.802	0.00167	0.01715	0.0156	<0.00001	<0.00001	0.008	0.00497	37	0.00230	0.00248	0.1557	<0.001	<0.00004
ECA para Agua Cat. 3 D2	5		0.2		0.1		5	0.05			1	0.5	1	

Puntos de muestreo	Parámetros químicos (mg/L)										
	Estroncio	Fósforo	Hierro	Litio	Magnesio	Manganeso	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata	Plomo
QM-01	0.01147	<0.008	0.1257	<0.0001	0.700	0.02878	<0.00007	<0.00003	0.0012	<0.00006	0.00087
QM-02	0.05477	<0.008	0.1689	<0.0001	2.73	0.07242	<0.00007	<0.00003	0.0016	<0.00006	0.00092
QM-03	0.06988	0.089	5.069	0.0026	5.11	0.26436	<0.00007	<0.00003	0.0059	<0.00006	0.01924
QM-04	0.02249	<0.008	0.0602	<0.0001	1.98	0.00708	<0.00007	<0.00003	0.0014	<0.00006	0.00517
QM-05	0.06733	0.037	2.225	0.0023	8.18	0.12553	<0.00007	<0.00003	0.0031	<0.00006	0.01107
QM-06	0.06614	0.124	7.092	0.0024	4.06	0.31977	<0.00007	<0.00003	0.0057	<0.00006	0.06227
QM-07	0.06486	0.115	6.293	0.0020	3.96	0.30441	<0.00007	<0.00003	0.0053	<0.00006	0.02377
ECA para Agua Cat. 3 D2	-	-	-	2.5	250	0.2	0.01	-	1	-	0.05

Sedimentos

Las muestras de sedimentos se recogieron en las estaciones de muestreo establecidos, con excepción de la estación SED-01 ya que no hubo presencia de sedimentos. En la Tabla 6 se tiene los resultados de los metales evaluados y se compararon con la normativa canadiense al no existir estándares nacionales, también se muestran gráficas para una mejor apreciación de los resultados.

Tabla 6

Resultados de sedimentos

Puntos de muestreo	Parámetros químicos (mg/Kg) PS													
	Aluminio	Antimonio	Arsénico	Bario	Berilio	Bismuto	Boro	Cadmio	Calcio	Cerio	Cobalto	Cobre	Cromo	Estaño
SED-02	10711	0.1542	64.5	71.45	0.543	5.4321	7.333	1.8109	6046	14.570	5.087	154	10.3	0.2671
SED-03	2151	33.05	1911	30.22	0.450	1089	4.927	9.0878	1321	5.0075	2.917	697	8.503	59.57
SED-04	8866	3.793	97.5	213.4	0.671	36.810	11.26	7.4917	15012	10.850	4.843	2524	8.741	0.8908
SED-05	15565	1.082	481	390.6	3.35	55.859	8.901	96.284	9548	52.059	104	4765	12.3	1.132
SED-06	5318	4.014	424	53.17	0.796	162.34	5.417	6.3088	1672	10.981	15.2	715	8.263	3.384
SED-07	11604	0.1865	87.1	109.8	1.32	19.255	5.455	9.3748	3285	20.742	10.9	805	12.6	0.3614
PEL para Sedimentos	NA	NA	41.6	NA	NA	NA	NA	4.2	NA	NA	NA	108	160	NA

Puntos de muestreo	Parámetros químicos (mg/Kg) PS										
	Estroncio	Fósforo	Hierro	Litio	Magnesio	Manganeso	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata	Plomo
SED-02	34.07	754	17177	18.56	2581	587	0.424	0.388	10.8	2.499	385
SED-03	27.10	445	52263	3.224	218	116	3.15	1.600	8.16	137.8	5365
SED-04	63.28	1061	8508	13.79	6473	275	1.76	0.914	11.0	9.836	1549
SED-05	66.31	1607	75445	11.13	2423	22812	0.842	1.866	130	11.89	1483

Puntos de muestreo	Parámetros químicos (mg/Kg) PS										
	Estroncio	Fósforo	Hierro	Litio	Magnesio	Manganeso	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata	Plomo
SED-06	42.96	492	53776	8.079	441	1641	1.38	0.939	19.5	35.51	1595
SED-07	41.06	692	35850	16.59	939	1184	0.240	0.522	14.3	3.711	387
PEL para Sedimentos	NA	32	NA	NA	NA	NA	0.7	NA	NA	NA	112

Puntos de muestreo	Parámetros químicos (mg/Kg) PS									
	Potasio	Selenio	Sodio	Talio	Titanio	Torio	Uranio	Vanadio	Wolframio	Zinc
SED-02	1593	2.517	428	0.7162	14	3.0765	0.8633	20	0.0519	907
SED-03	716	3.028	69.1	18.41	82	1.6424	0.9615	20	0.2544	2306
SED-04	697	3.105	144	1.408	6.7	0.83879	1.365	18	0.2844	679
SED-05	1626	22.1	44.3	2.857	6.7	9.6421	6.122	13	0.4622	24654
SED-06	784	4.634	28.2	3.051	20	2.2178	1.219	22	0.1924	1446
SED-07	1104	6.998	31.5	0.8562	8.3	4.7680	2.217	24	0.0490	2378
PEL para Sedimentos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	271

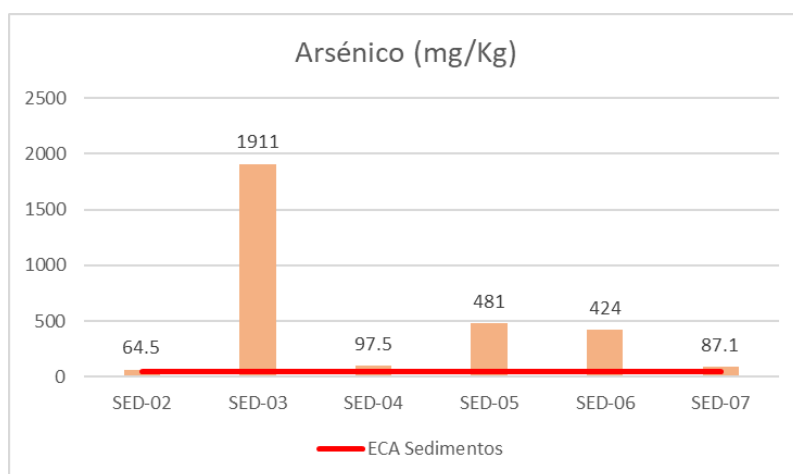
Nota: Probable Effect Level (Nivel de efecto probable), NA: No determinado, PS: Peso seco

Arsénico

Con respecto al Arsénico, se obtuvo concentraciones elevadas en todas las estaciones de muestreo superando los niveles de efecto probable (PEL), encontrándose concentraciones por encima de los 41.6 mg/Kg establecidos en la norma canadiense para sedimentos (ver Figura 14).

Figura 14

Concentraciones de Arsénico (mg/Kg) en los puntos de muestreo de sedimentos

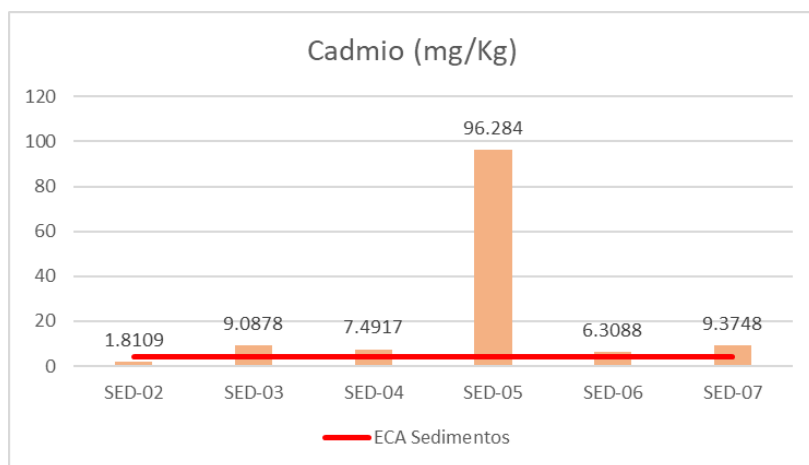


Cadmio

Con respecto al Cadmio, se obtuvo concentraciones elevadas en todas las estaciones de muestreo superando el valor de 4.2 mg/Kg establecidos en la norma canadiense para sedimentos; con excepción de la estación SED-02 que tiene un valor de 1.81 mg/Kg (ver Figura 15).

Figura 15

Concentraciones de Cadmio (mg/Kg) en los puntos de muestreo de sedimentos

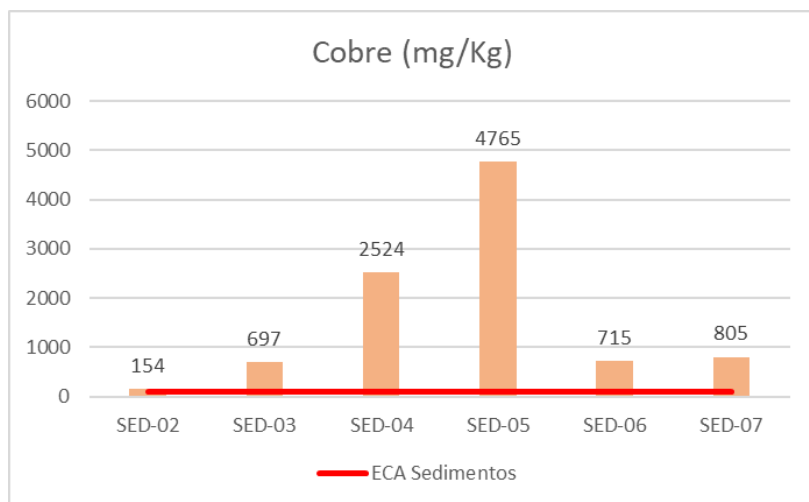


Cobre

Con respecto al Cobre, en todas las estaciones de muestreo se obtuvo elevados valores que superan la concentración de 108 mg/Kg establecido en la norma canadiense para sedimentos (ver Figura 16).

Figura 16

Concentraciones de Cobre (mg/Kg) en los puntos de muestreo de sedimentos

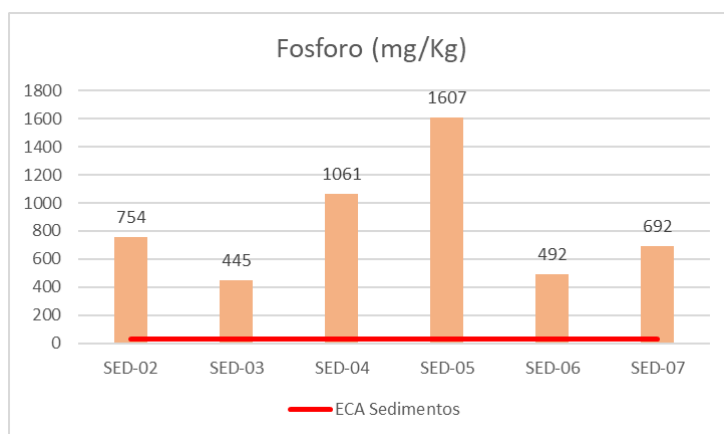


Fósforo

Con respecto al Fósforo, se obtuvo concentraciones elevadas en todas las estaciones de muestreo superando el valor de 32 mg/Kg establecido en la norma canadiense para sedimentos (ver Figura 17).

Figura 17

Concentraciones de Fosforo (mg/Kg) en los puntos de muestreo de sedimentos

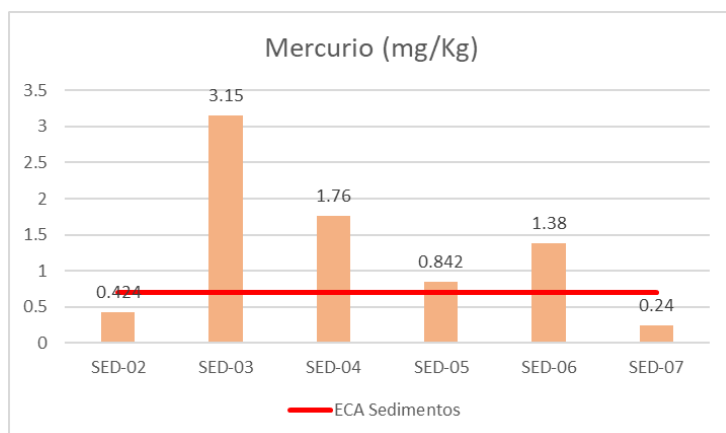


Mercurio

Con respecto al Mercurio, se obtuvo concentraciones elevadas en todas las estaciones de muestreo superando el nivel de 0.7 mg/Kg establecido en la norma canadiense para sedimentos; excepto las estaciones de muestreo SED-02 y SED-07 que tienen una concentración de 0.4 mg/Kg y 0.2 mg/L respectivamente (ver Figura 18).

Figura 18

Concentraciones de Mercurio (mg/Kg) en los puntos de muestreo de sedimentos

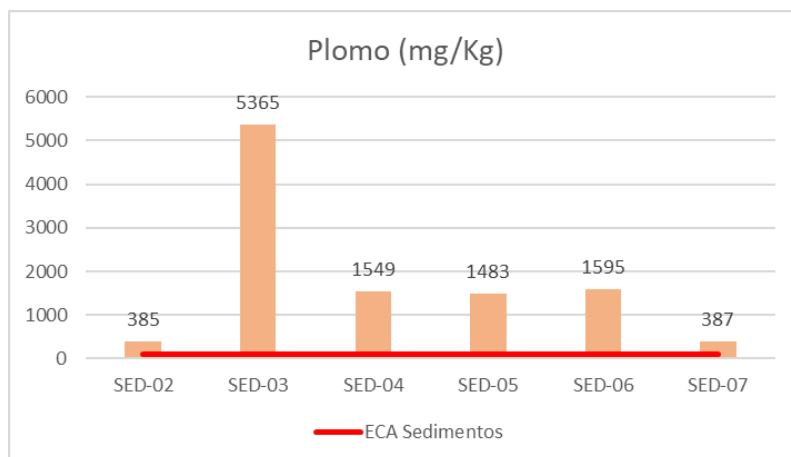


Plomo

Con respecto al Plomo, se obtuvo que las concentraciones en todas las estaciones de muestreo superaron el valor de 112 mg/Kg establecido en la norma canadiense para sedimentos (ver Figura 19).

Figura 19

Concentraciones de Plomo (mg/Kg) en los puntos de muestreo de sedimentos

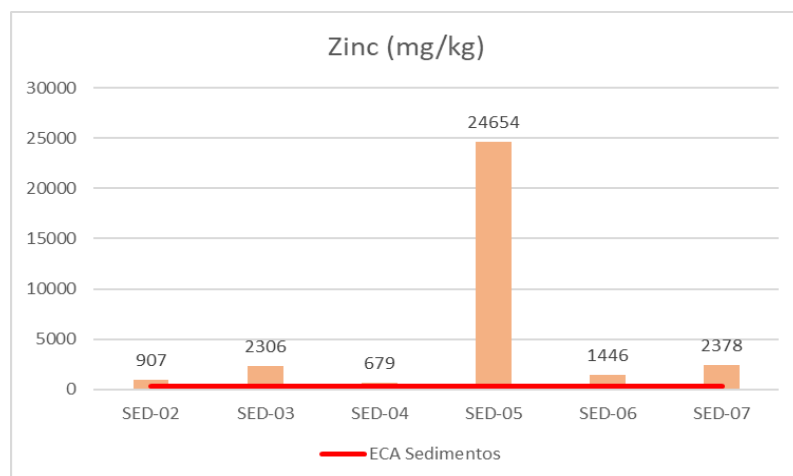


Zinc

Con respecto al Zinc, en la Figura 20 se aprecia que en todas las estaciones de muestreo se tiene concentraciones que superan el valor de 271 mg/Kg establecidos en la norma canadiense para Sedimentos.

Figura 20

Concentraciones de Zinc (mg/Kg) en los puntos de muestreo de sedimentos



2.6.6. Análisis de los resultados

Los resultados de los análisis de calidad de agua, en relación con el Oxígeno Disuelto se evidenció que todas las muestras superaron el ECA para agua. En cuanto al Plomo (Pb), en el punto QM-06 superó el ECA y en cuanto al Manganeseo (Mn) los puntos QM-03, QM-06 y QM-07 sobrepasaron el ECA. Según el Reporte del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) de monitoreos realizados en Colquijirca, se tienen resultados que evidencian las concentraciones elevadas de Manganeseo en el río Andacancha (OEFA, 2022).

Los resultados del análisis de sedimentos, en relación con el Arsénico (As) se evidenció que las concentraciones más elevadas se encuentran en las estaciones de la parte baja del tramo del río evaluado (SED-05, SED-04 y SED-03), en relación al Cobre (Cu) en los puntos SED-07, SED-06, SED-05, SED-04 y SED-03 tuvieron concentraciones más elevadas, en relación con al Fosforo (P) en las estaciones SED-07, SED-06, SED-05, SED-04, SED-03 y SED-02 sobrepasaron la normativa canadiense, en relación con al Mercurio (Hg) en las estaciones SED-06, SED-05, SED-04 y SED-03 sobrepasaron la normativa canadiense, teniendo la más alta concentración en las estaciones de la parte baja del tramo del río evaluado, en relación con al Plomo (Pb) y Zinc (Zn) en los puntos SED-07, SED-06, SED-05, SED-04, SED-03 y SED-02

sobrepasaron la normativa y en relación con el Cadmio (Cd) en los puntos SED-07, SED-06, SED-05, SED-04 y SED-03 sobrepasaron la normativa.

Con respecto a la ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos en el río Andacancha se concluye que en la parte baja del tramo del río evaluado los puntos SED-05, SED-04 y SED-03 presentan elevados valores de mercurio (Hg) en comparación a los otros puntos de muestreo de la parte media (SED-07, SED-06) y la parte alta (SED-02).

III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA

Los destacables aportes del autor a la empresa FORESTSOIL fue haber participado en la elaboración de IGAs para diferentes sectores del Perú, en los cuales realicé evaluación de impactos ambientales y propuse medidas de mitigación ambiental. Entre los estudios ambientales realizados en el año 2023 se destacan el Mejoramientos de centros históricos culturales y el Mejoramiento de centros culturales y turísticos que tienen como finalidad promover el valor cultural del patrimonio nacional, y también la Construcción de habilitaciones urbanas en zonas eriazas sin conexión al agua potable, que debido a la expansión urbana se ven en la necesidad de construir en estas zonas, estas habilitaciones pueden generar problemas ambientales debido al cambio de uso que le dan al suelo, afectaciones de hábitats de especies, entre otros, que necesitan llevar una adecuada gestión ambiental previendo los impactos ambientales.

Así mismo brindé asesoría en cuanto a la normativa ambiental nacional y realicé capacitaciones ambientales en temas como la “Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental y su importancia”, “Gestión ambiental para Habilitaciones Urbanas” y “Aspectos Generales de los Estudios de Impacto Ambiental”.

Para el presente estudio realicé la recopilación de información y apoyé en el análisis de los resultados de la caracterización del río Andacancha para determinar la concentración de contaminantes y evaluar las posibles fuentes de alteración de los mismos. Para lo cual se obtuvo información de Estudios Ambientales que se realizaron cercanos al río Andacancha, Protocolos de Monitoreo, Estándares de calidad ambiental, entre otra información necesaria para evaluar la calidad del agua y sedimentos del río. Así mismo, se recopiló información geológica de la zona como formaciones geológicas y los yacimientos minerales importantes. El monitoreo fue realizado en el mes de abril del 2022, llevándose a cabo con todas las medidas de seguridad.

La información resultante se considera de mucha importancia para concluir sobre las características del lugar, la calidad de agua y calidad de sedimentos, que han sido analizados en esta investigación.

IV. CONCLUSIONES

Según los antecedentes, el área de influencia del río Andacancha presenta diversas fuentes de alteración tanto de origen natural como antropogénico; debido a que posee diversas formaciones geológicas con alto grado de mineralización y con contenido de Enargita (sulfuro de cobre y arsénico), presencia de material no consolidado y presencia de desmonteras dejados por diferentes explotaciones mineras que pueden haber originado residuos pulverizados, los cuales al estar expuestos a las lluvias se han podido solubilizar y desplazar como lixiviados hacia los cursos y fuentes agua y sedimentos; agravando la calidad de los mismos.

Respecto a la calidad del agua, en los resultados obtenidos se encontró que en las estaciones de muestreo de la parte media (QM-06 y QM-07) y parte baja (QM-03) del área evaluada en el río Andacancha las concentraciones de Plomo y Manganese sobrepasaron los límites permisibles de acuerdo a los ECA para Agua; lo cual puede darse por el arrastre de material particulado por erosión de partículas de rocas sedimentarias que existen en forma natural en el lugar y que se componen de carbonatos de Calcio (CaCO_3) así como la presencia de minerales con contenido de plomo como “galena” que se encuentran en forma natural de los depósitos de Cu – (Au – Ag) y Zn – Pb – (Ag) que se hallan en el área de estudio. O por pasivos de explotación minera y que han sido arrastrados a la parte baja a través del tiempo. Se concluye que la mayor afectación por Plomo y Manganese se encuentra en la zona media y baja del tramo evaluado del río Andacancha.

De acuerdo con los resultados de los análisis de sedimentos, se encontró que en los puntos de muestreo de la parte baja (SED-05, SED-04 y SED-03) del tramo evaluado del río Andacancha las concentraciones Mercurio, Cobre, Arsénico, Cadmio, Plomo y Zinc sobrepasaron los límites permisibles de acuerdo con la normativa canadiense. Como se mencionó, el Arsénico y Cobre son metales con alta presencia en el área de estudio ya que se

encuentra formando compuestos como la enargita y la arsenopirita, así mismo el Plomo, Zinc son parte de los depósitos de yacimientos mineros de la zona y es probable que se haya venido acumulando por arrastre y erosión de las partes más altas del río Andacancha y se ha venido depositando en materiales más finos en la parte baja a través del tiempo. Para el caso de la presencia de Mercurio en la parte baja puede deberse a actividades mineras. Se concluye que la mayor afectación se encuentra en la parte baja del río.

Las limitaciones que se tuvieron para realizar el presente estudio fueron la falta de normativa ambiental nacional para el caso de los sedimentos, lo cual llevó a comparar dichos resultados con normativas internacionales rigurosas, también la falta de estudios nacionales realizados en cuanto a aspectos geológicos e hidrogeológicos de la zona de estudio, así mismo se necesita mayor información nacional de monitoreos de calidad de agua y sedimentos realizados frecuentemente en las quebradas y ríos de la zona para poder hacer un análisis con periodos de años distintos.

V. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar muestreos a mayor detalle de sedimentos, calidad de agua y suelos en las quebradas adyacentes que confluyen en el río Andacancha, en kilómetros arriba y abajo del río, también en los ríos cercanos al río Andacancha para evaluar la contaminación en el entorno de la zona de estudio.

El ente fiscalizador debe analizar con frecuencia las aguas residuales generadas por las explotaciones mineras de la zona y hacer comparaciones en diferentes periodos de años para verificar que los resultados se encuentren dentro de los estándares ambientales, así como emitir sanciones si se incumplen las leyes.

Se recomienda realizar estudios geológicos e hidrogeológicos a profundidad en las formaciones geológicas más resaltantes del lugar y emitir conclusiones en cuanto al problema de la alteración de los contaminantes en la zona de estudio.

Se debe proponer medidas ambientales con carácter de urgencia para tratar los cuerpos de agua superficiales que por motivos de los factores geológicos y antrópicos vienen siendo contaminados causando malestar en la población.

VI. REFERENCIAS

- Carhuas, R. (2019). *Evaluación de la contaminación físico-química y microbiológica de las aguas superficiales del río San Juan afectadas por la empresa minera El Brocal SA-2019* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].
http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1814/1/T026_70769058_T.pdf
- Catalán, J. (1981) *Química del agua*.
<https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/bitstream/handle/20.500.13000/2985/CQA1908.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). (2002). *Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life. Canadian Environmental Quality Guidelines*, CCME.
<http://www.popstoolkit.com/Tools/SitePrioritization/Files/Guidelines/SedQ%20aquatic%20life.pdf>
- Chirinos, C. (2022). *Índice de calidad de agua y contenido de metales pesados en el río San Juan, Cerro de Pasco* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina].
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5236/chirinos-malaga-carlos-enrique.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cobbing, J., Quispesivana, L. & Paz, M. (1996). *Geología de los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores. Hojas: 21-k, 22-k, 23-k, Boletín A 77*. INGEMMET.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/200>
- Conesa, V. (2011). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa, 4ta Edición.
<http://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/1613/Asignaturas/1818/Archivo1.5036.pdf>

- Dávila, J (2011). *Diccionario Geológico*. Arth – Altuna. <https://biblioteca.ismm.edu.cu/wp-content/uploads/2017/06/Diccionario-geologico.pdf>
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM [Ministerio del Ambiente]. Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua. Lima, 7 de junio del 2017.
- Duque, G. (2022). *Manual de geología para ingenieros*. Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3145/manualgeo.pdf>
- Forestsoil Consultoría Ambiental (2023). *Quienes somos*. <https://forestsoil.com.pe/quienes-somos/>
- GEOCATMIN-INGEMMET (s.f). *Listado de capas*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-hill Education. <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernandez-%20Metodolog%3%ada%20de%20la%20investigaci%3%b3n.pdf>
- Instituto Geográfico Nacional (s.f.) *Carta Nacional Cerro de Pasco, escala :1 100,000*. <https://www.idep.gob.pe/descargas/pdf/22k.pdf>
- Ministerio del Ambiente (2010) *Mapa de Unidades Hidrográficas*.
- Ministerio del Ambiente (2015) *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal*.
- Murphy, M. & Salvador, A. (1999). International stratigraphic guide—an abridged version. *Episodes Journal of International Geoscience*. *Episodes Journal of International Geoscience*, 22(4), 259. <https://www.episodes.org/journal/view.html?uid=1602>
- Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2013). *Recursos naturales: Situación y tendencias para una agenda de desarrollo regional en América*

Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org/items/cc23b977-60ac-4aec-a0bf-f46f70a4c3fd>

Olives, A. (1996) *Incidencia de las características geológicas y ambientales sobre la calidad de las aguas de los tramos superior y medio del río Arlanzón* [Tesis de Doctorado, Universidad Complutense de Madrid]. <https://docta.ucm.es/bitstreams/4058471f-1bfe-4077-a6b4-1134098119f1/download>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA (2022). *Reporte N° 00022-2022-OEFA/DEAM-STEAC*.
https://repositorio.oefa.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12788/1305/INF_00022-2022-OEFA-DEAM-STEAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pino, E., Tacora, P., Steenken, A., Alfaro, L., Valle, A., Chávarri, E., Ascencios, D. & Mejía J. (2017). Efecto de las características ambientales y geológicas sobre la calidad del agua en la cuenca del río Caplina, Tacna, Perú. *Tecnología y ciencias del agua*. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 8(6), 78-79.
https://www.researchgate.net/publication/321285641_Efecto_de_las_caracteristicas_ambientales_y_geologicas_sobre_la_calidad_del_agua_en_la_cuenca_del_rio_Caplina_Tacna_Peru/fulltext/638450427b0e356feb90333a/Efecto-de-las-caracteristicas-ambientales-y-geologicas-sobre-la-calidad-del-agua-en-la-cuenca-del-rio-Caplina-Tacna-Peru.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19

Plataforma Nacional de Datos abiertos (s.f) *Limites departamentales*
<https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/limites-departamentales>

Quispesivana, L. & Rodríguez, R. (2017). *Mapa geológico del cuadrángulo de Cerro de Pasco – Hoja 22k, Serie A: Carta Geológica Nacional, Escala 1: 100,000*. INGEMMET.

<https://geocatminapp.ingemmet.gob.pe/complementos/descargas/Mapas/GeologiaIntegrada/22k.png>

Resolución Jefatural, N° 010-2016-ANA [Autoridad Nacional del Agua]. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. 11 de enero del 2016.

Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA [Autoridad Nacional del Agua]. Aprobar la Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales, conforme al Anexo que forma parte integrante de la presente resolución. 13 de febrero del 2018.

Resolución Jefatural N° 151-2020-ANA [Autoridad Nacional del Agua]. Aprobar el documento denominado “Glosario de Términos de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 001-2010-AG”. 01 de octubre del 2020.

Rodríguez, R., Cueva, E. & Carlotto, V. (2011). *Geología del cuadrángulo de Cerro de Pasco, Hoja 22-k, Boletín N° 144, Serie A: Carta Geológica Nacional, escala 1: 50,000*. INGEMMET. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/106>

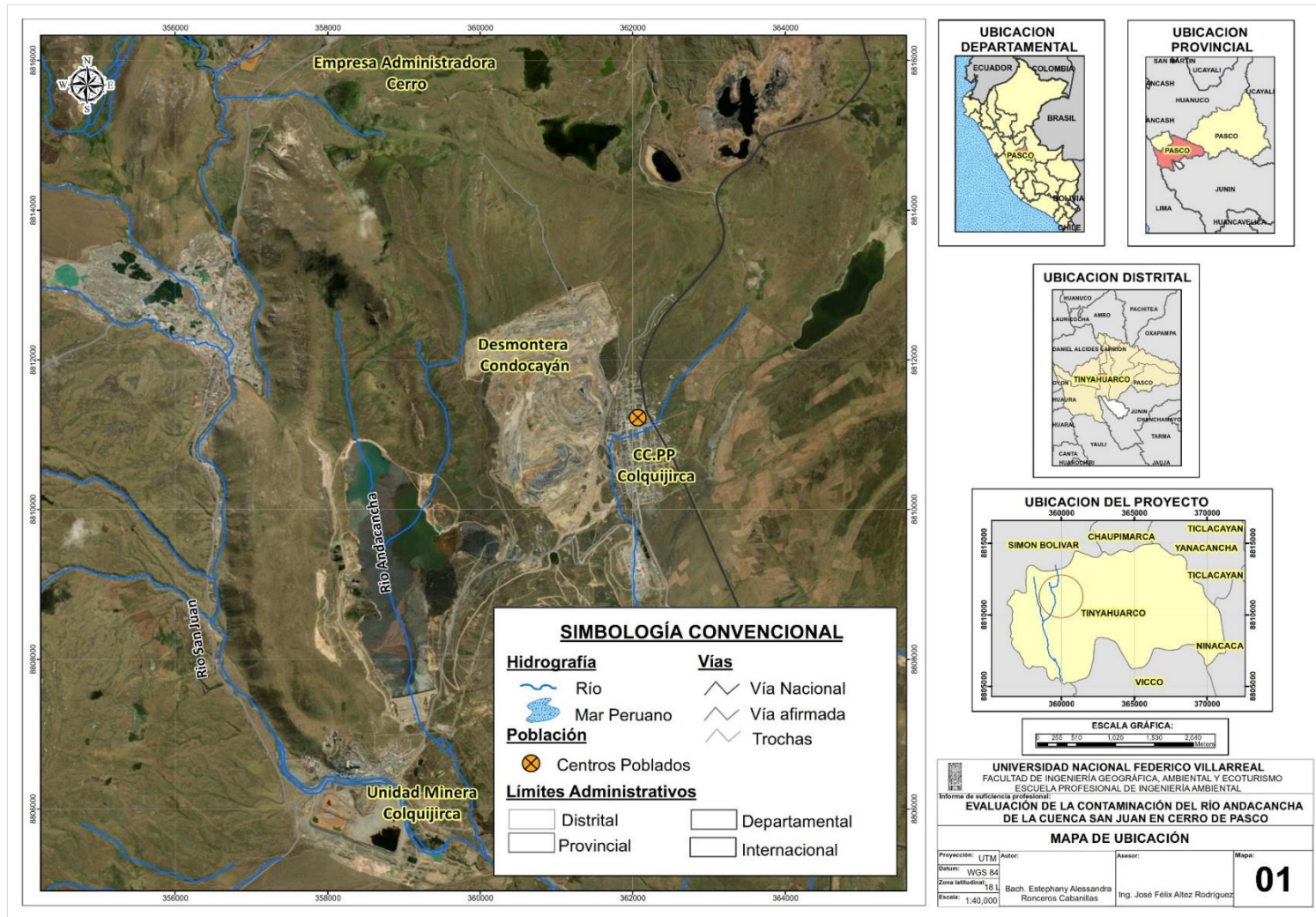
Rojas, R. & Rojas, L. (2023). Caracterización y Determinación de la Calidad de Agua Superficial. *Revista de Investigaciones*, 12(1), 65-80. <https://doi.org/10.26788/ri.v12i1.4014>

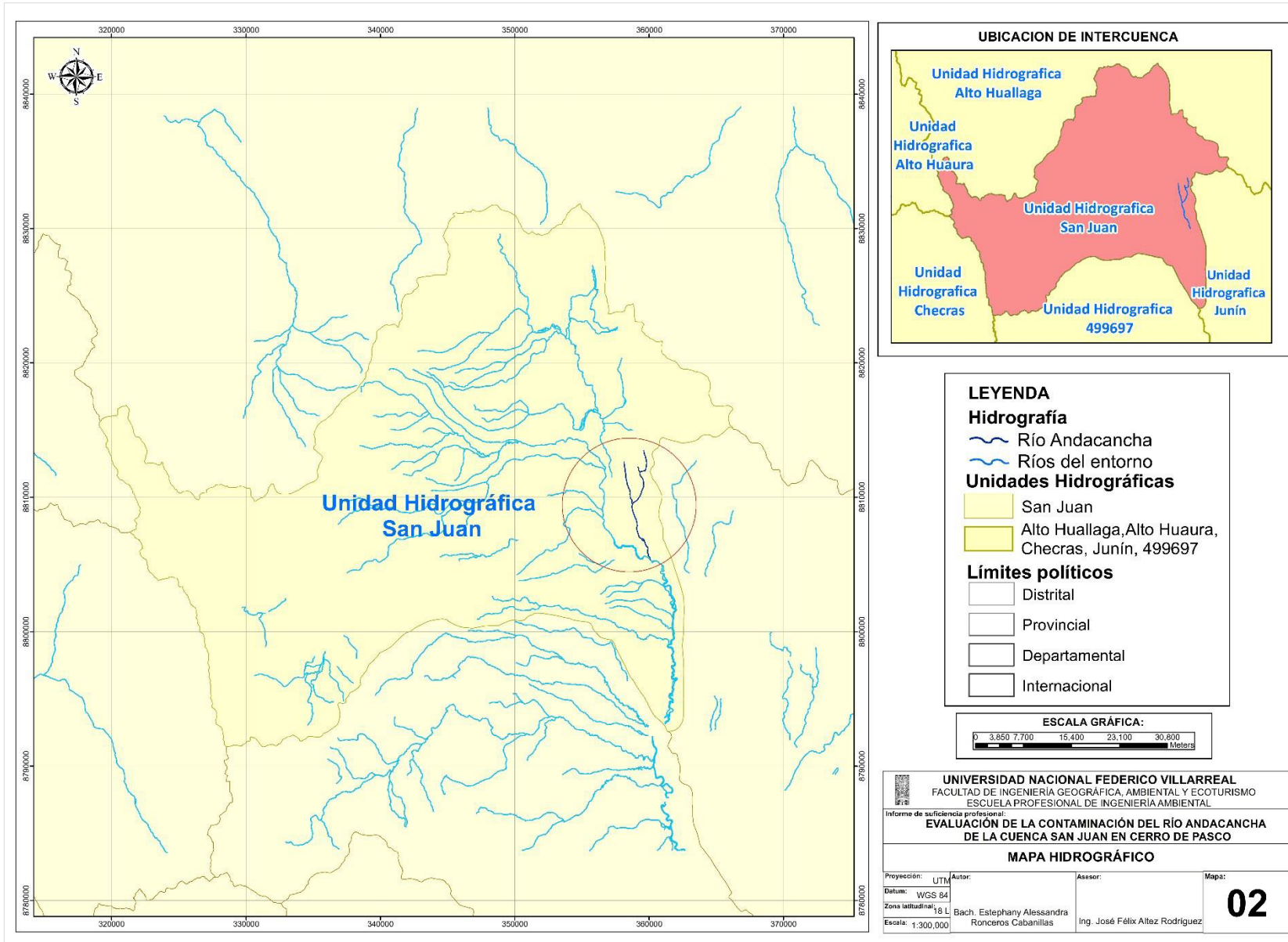
SENAMHI Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (s.f.). *Datos Hidrometeorológicos*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

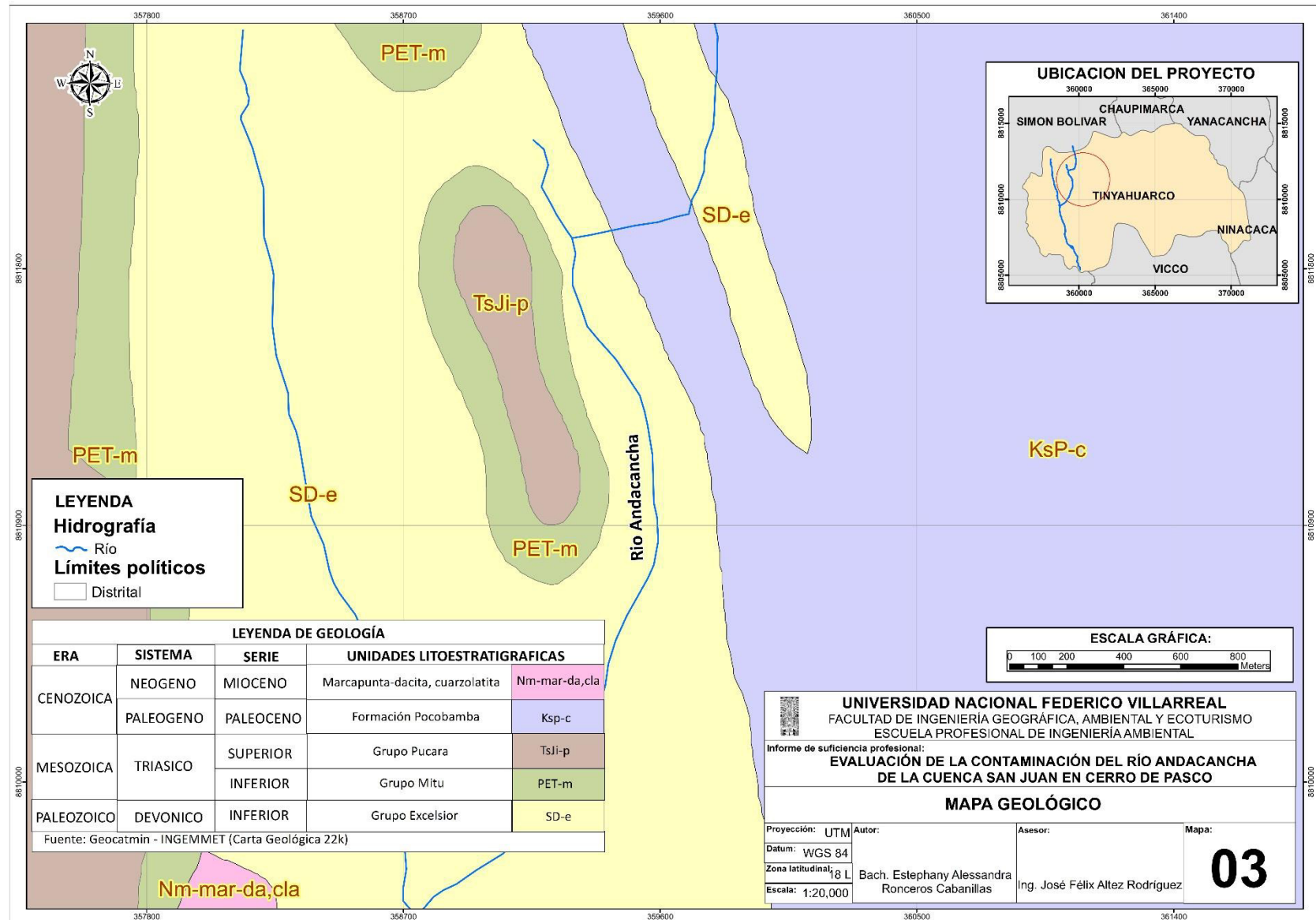
Tacora, P. (2016). *Efecto de las características ambientales y geológicas sobre la calidad de agua en la cuenca Caplina – Tacna* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna]. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2804865>

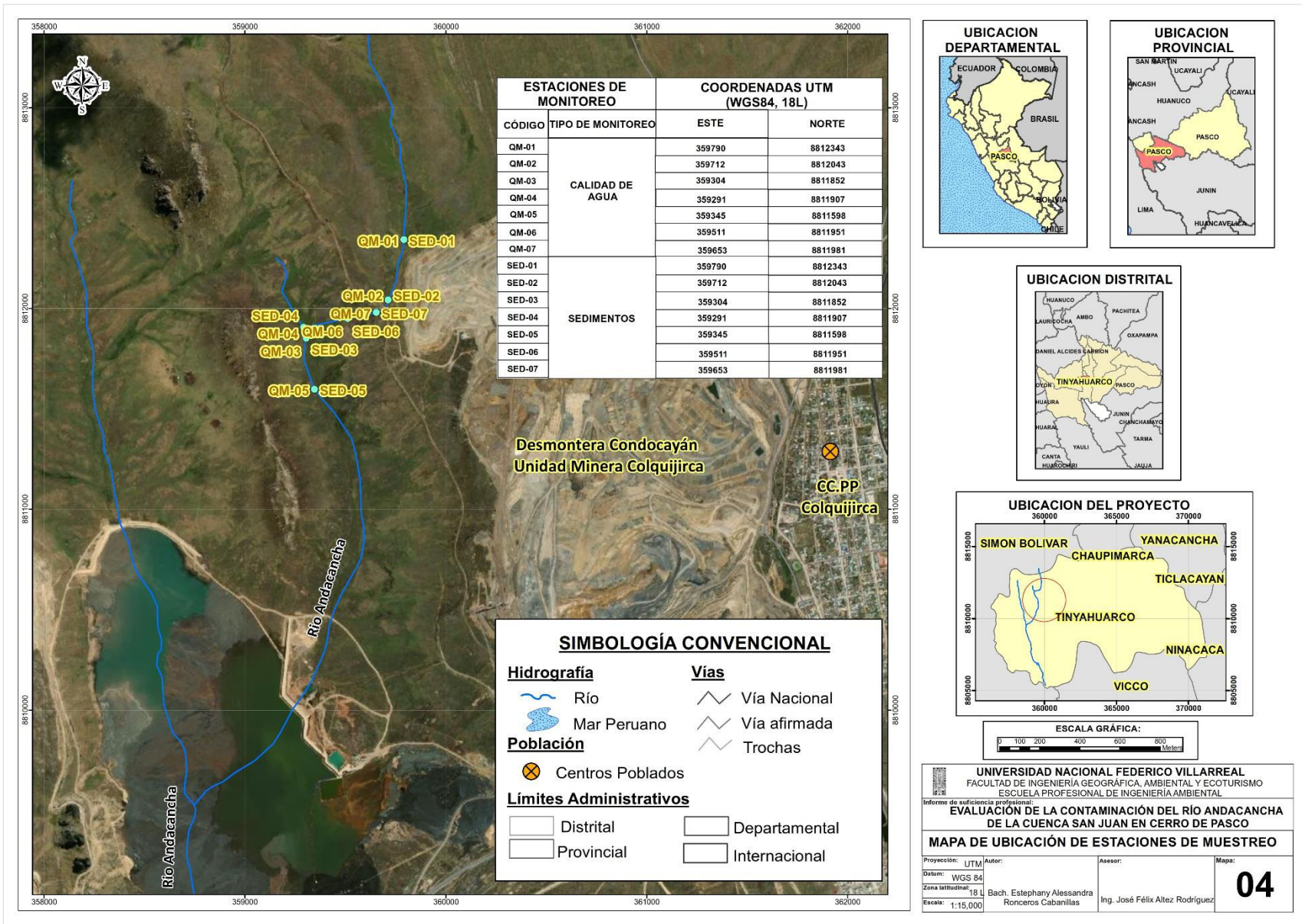
VII. ANEXOS

A. MAPAS TEMÁTICOS









B. PANEL FOTOGRÁFICO

Foto 01: Muestreo de agua en estación QM-01 (abril, 2022)



Foto 02: Muestreo de agua en estación QM-02 (abril, 2022)



Foto 03: Colecta de sedimentos en estación SED-02 (abril, 2022)



Foto 04: Colecta de sedimentos en Estación SED-05 (abril, 2022)

C. PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL DE TEMPERATURA

ESTACIÓN CERRO DE PASCO													
Departamento: Pasco				Provincia: Pasco						Distrito: Chaupimarca			
Latitud: 10° 41' 36.15" S				Longitud: 76° 15' 51.1" W						Altitud: 4357 m.s.n.m			
Tipo: Convencional - Meteorológica													
AÑO	TEMPERATURA (°C)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2017	MÁXIMA	9.96	9.84	9.82	10.67	10.66	10.44	11.57	12.25	11.26	12.22	11.29	10.87
	MÍNIMA	1.81	1.84	2.13	1.87	1.38	0.87	-2.13	-1.12	0.53	0.75	1.43	1.34
	MEDIA	5.88	5.84	5.98	6.27	6.02	5.66	4.72	5.56	5.90	6.48	6.36	6.10
2018	MÁXIMA	10.51	11.48	10.82	10.42	11.54	9.75	10.69	10.97	11.73	10.81	12.51	11.38
	MÍNIMA	0.81	2.04	2.03	0.78	-0.20	-0.83	-2.15	-1.31	-0.57	1.68	1.97	0.92
	MEDIA	5.66	6.76	6.42	5.60	5.67	4.46	4.27	4.83	5.58	6.15	7.24	6.15
2019	MÁXIMA	10.27	10.78	11.08	11.96	12.09	12.23	11.40	11.69	11.21	11.41	11.55	11.17
	MÍNIMA	1.73	2.38	2.33	1.51	0.20	-1.43	-1.87	-3.32	-0.25	0.37	1.64	2.33
	MEDIA	6.00	6.58	6.70	6.74	6.15	5.40	4.77	4.18	5.48	5.89	6.60	6.75
2020	MÁXIMA	11.64	11.84	11.99	S/D	S/D	13.08	12.40	13.07	S/D	S/D	S/D	S/D
	MÍNIMA	1.95	3.23	2.49	S/D	S/D	-2.00	-1.90	-2.32	S/D	S/D	S/D	S/D
	MEDIA	6.79	7.46	6.95	S/D	S/D	5.54	5.25	5.37	S/D	S/D	S/D	S/D
2021	MÁXIMA	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	10.26	11.84
	MÍNIMA	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	1.67	1.78
	MEDIA	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	6.13	6.81
PROMEDIO MENSUAL		6.08	6.66	6.51	6.20	5.95	5.26	4.75	4.99	5.65	6.18	6.58	6.45
PROMEDIO MENSUAL ANUAL		5.94	5.94	5.94	5.94	5.94	5.94	5.94	5.94	5.94	5.94	5.94	5.94

Nota: Elaborado en base a los datos de SENAMHI

m.s.n.m.= metros sobre el nivel del mar

S/D = sin datos.