

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Indice de calidad del agua del río Ragra respecto a los
parámetros del ECA-Agua, Pasco 2023**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Bach. Nayeli Jhomara CUELLAR QUISPE

Bach. Javier Paolo YANAYACO OCHOA

Asesor:

Ing. Miguel Angel BASUALDO BERNUY

Cerro de Pasco – Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Índice de calidad del agua del río Ragra respecto a los
parámetros del ECA-Agua, Pasco 2023**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Rommel Luis LOPEZ ALVARADO
PRESIDENTE

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
MIEMBRO

Mg. Lucio ROJAS VITOR
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 256-2025-UNDAC/UIFI

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

Tesis:

Índice de calidad del agua del río Ragra respecto a los
parámetros del ECA-Agua, Pasco 2023

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. CUELLAR QUISPE, Nayeli Jhomara

Bach. YANAYACO OCHOA, Javier Paolo

Apellidos y nombres del Asesor:

Ing. BASUALDO BERNUY, Miguel Angel

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

8 %

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 7 de abril del 2025



Firmado digitalmente por FACULTAD
UNIVERSIDAD NACIONAL
DANIEL ALCIDES
CARRIÓN
Fecha: 07.04.2025 15:53:28 -05:00

DEDICATORIA

A Dios, por ser nuestra guía y fortaleza.

A nuestros padres, por su apoyo constante en
el camino a convertirnos en profesionales.

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres, por su apoyo perseverante para convertirnos en profesionales de las ciencias de la ingeniería.

A nuestra alma mater, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por habernos brindado los conocimientos y destrezas profesionales.

A nuestros colegas y amigos, por el apoyo en conocer y compartir las experiencias en relación a la Ingeniería Ambiental.

RESUMEN

El estándar de calidad del agua establece los niveles aceptables que los parámetros deben de cumplir para consolidar la protección del recurso hídrico y que conlleva, al bienestar social de la población circundante a dicho recurso.

De esa forma, esta investigación se ha llevado a cabo con el objetivo de determinar el índice de calidad de agua del río Ragra durante el 2023 utilizando la metodología determinada por la Autoridad Nacional del Agua denominado ICA-PE.

Se ha trabajado bajo un enfoque cuantitativo, empleando la recopilación de fuentes documentales respecto al monitores participativos programadas por la Autoridad Nacional del Agua en el año 2023 y, posterior, se ha evaluado y calculado el ICA-PE de acuerdo a las fórmulas mencionadas en las guías metodológicas respectivas.

La principal conclusión que se ha consolidado es que el índice de calidad del río Ragra tiene un calificativo de regular en todos sus puntos de monitoreo, por lo cual se requiere de un tratamiento adecuado de acuerdo a los usos que se le da y del cual está categorizado por la normativa correspondiente.

Palabras Clave: Índice de calidad del agua, río Ragra, ECA-Agua

ABSTRACT

The water quality standard establishes the acceptable levels that the parameters must meet to consolidate the protection of the water resource and that leads to the social well-being of the population surrounding said resource.

In this way, this research has been carried out with the objective of determining the water quality index of the Ragra River during 2023 using the methodology determined by the National Water Authority called ICA-PE.

It has been worked under a quantitative approach, using the collection of documentary sources regarding the participatory monitors programmed by the National Water Authority in 2023 and, subsequently, the ICA-PE has been evaluated and calculated according to the formulas mentioned in the respective methodological guides.

The main conclusion that has been consolidated is that the quality index of the Ragra River has a regular rating at all its monitoring points, which is why adequate treatment is required according to the uses that are given to it and which is categorized by the corresponding regulations.

Keyword: Water quality index, Ragra river, ECA-Water

INTRODUCCIÓN

Esta investigación se realizó en el río Ragra, ubicado en el distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco, para evaluar el índice de calidad del agua del mencionado recurso hídrico.

La tesis que hemos consolidado, se constituye en cuatro capítulos, tal como establece el reglamento de grados y títulos de esta primera casa superior de estudios, en los cuales se describe el problema a investigar, los propósitos e importancia de la investigación; se presentan los antecedentes que han servido de referencia y las bases teóricas y conceptuales que son la base de esta investigación; se explica los métodos y técnicas de investigación utilizados; y, se detalla la interpretación de los resultados a los que se ha arribado, así como las conclusiones y recomendaciones para futuros trabajos de similar índole.

Estamos seguros que esta investigación contribuirá en poder dar solución a problemas de nuestro entorno; y a la vez, esperemos pueda servir de referencia para investigaciones y actividades similares.

Los autores.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema.	1
1.2.	Delimitación de la investigación.	4
1.3.	Formulación del problema.	4
1.3.1.	Problema general.	4
1.3.2.	Problemas específicos.	4
1.4.	Formulación de objetivos.	5
1.4.1.	Objetivo general.	5
1.4.2.	Objetivos específicos.	5
1.5.	Justificación de la investigación.	5
1.5.1	Justificación teórica.	6
1.5.2	Justificación Práctica	6
1.5.3	Justificación Legal	7
1.5.4	Justificación Social	7
1.5.5	Justificación Ambiental	7
1.6.	Limitaciones de la investigación.	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.	9
2.2.	Bases teóricas – científicas.	13
2.2.1.	Agua superficial.	13
2.2.2.	Calidad del agua.	14
2.2.3.	Problemas que impactan en la calidad del agua.	15
2.2.4.	Estándar de calidad ambiental para agua.	16
2.2.5.	Parámetros de la calidad del agua.	18
2.2.6.	Índice de calidad del agua.	19
2.2.7.	Índice de calidad del Agua para Perú.	22
2.3.	Definición de términos básicos.	29
2.4.	Formulación de hipótesis.	31
2.4.1.	Hipótesis general.	31
2.4.2.	Hipótesis específicas.	31
2.5.	Identificación de variables.	31
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.	31

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.	33
3.2.	Nivel de investigación.	33
3.3.	Métodos de investigación.	34
3.4.	Diseño de la investigación.	34
3.5.	Población y muestra.	34
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	36

3.6.1.	Técnica de recolección de datos.	36
3.6.2.	Instrumentos de recolección de datos.	36
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.	36
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	36
3.9.	Tratamiento estadístico.	37
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica.	37

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.	38
4.1.1.	Identificación de la zona en estudio.	38
4.1.2.	Planificación del monitoreo.	40
4.1.3.	Participación del monitoreo.	40
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.	41
4.2.1.	Concentraciones de parámetros físicoquímicos.	42
4.2.2.	Concentraciones de parámetros inorgánicos.	46
4.2.3.	Concentraciones de parámetros microbiológicos.	54
4.2.4.	Cálculo del ICA-PE.	55
4.3.	Prueba de hipótesis.	57
4.4.	Discusión de resultados.	58

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Delimitación de la investigación	4
Tabla 2: Problemas de la calidad del agua	16
Tabla 3: Categorías y subcategorías de los cuerpos de agua	17
Tabla 4: Principales parámetros de los ECA-Agua Categoría 3	19
Tabla 5: Metodologías para el cálculo del ICA	22
Tabla 6: Parámetros seleccionados para estimación del ICA-PE en la Categoría 3	24
Tabla 7: Interpretación de la Calificación ICA-PE	28
Tabla 8: Variables de investigación	31
Tabla 9: Operacionalización de las variables.	31
Tabla 10: Puntos de monitoreo en el río Ragra	35
Tabla 11: Parámetros fisicoquímicos del río Ragra 2023	42
Tabla 12: Parámetros inorgánicos del río Ragra 2023	46
Tabla 13: Parámetros microbiológicos del río Ragra 2023	54
Tabla 14: Determinación de los factores F_1 y F_2	56
Tabla 15: Determinación del factor F_3	56
Tabla 16: ICA-PE del río Ragra 2023	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Río Ragra a la entrada del C.P. Quiulacocha	3
Figura 2: Marco conceptual de las aguas superficiales	13
Figura 3: Factores que influyen en la calidad del agua	15
Figura 4: Objetivos del ICA	20
Figura 5: Limitaciones del ICA	21
Figura 6: Parámetros evaluados para el cálculo del ICA-PE	23
Figura 7: Pasos a seguir para determinar el valor y representar un ICA	24
Figura 8: Información base necesaria para la determinación del ICA	25
Figura 9: Extensión del Río Ragra	35
Figura 10: Río Ragra	38
Figura 11: Río Ragra en cercanía a desmonteras	39
Figura 12: Río Ragra descargando al río San Juan	39
Figura 13: Multiparámetro usado en monitoreo	40
Figura 14: Toma de muestra en el río Ragra	41
Figura 15: Cloruros (mg/L) en el río Ragra 2023	43
Figura 16: Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en el río Ragra 2023	43
Figura 17: Demanda bioquímica de Oxígeno (mg/L) en el río Ragra 2023	44
Figura 18: Oxígeno disuelto (mg/L) en el río Ragra 2023	45
Figura 19: Potencial del Hidrógeno en el río Ragra 2023	46
Figura 20: Aluminio (mg/L) en el río Ragra 2023	47
Figura 21: Arsénico (mg/L) en el río Ragra 2023	48
Figura 22: Boro (mg/L) en el río Ragra 2023	49
Figura 23: Cadmio (mg/L) en el río Ragra 2023	49
Figura 24: Cobre (mg/L) en el río Ragra 2023	50

Figura 25: Hierro (mg/L) en el río Ragra 2023	51
Figura 26: Manganeso (mg/L) en el río Ragra 2023	51
Figura 27: Mercurio (mg/L) en el río Ragra 2023	52
Figura 28: Plomo (mg/L) en el río Ragra 2023	53
Figura 29: Zinc(mg/L) en el río Ragra 2023	53
Figura 30: Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) en el río Ragra 2023	55

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El agua es un elemento de suma importancia en el desarrollo de las actividades humanas; por ello, su calidad es un indicador clave para la salud de los ecosistemas y para el bienestar de las poblaciones que dependen de ella. En ese sentido Salvioli et al. (2017) destaca que las características intrínsecas de los recursos hídricos y de su entorno, sumado a las actividades que se desarrollan en su cuenca, determinan su calidad.

Por ello, debemos tener en cuenta que, la mayor parte de actividades antrópicas han impactado negativamente en los factores ambientales del entorno; y al mismo tiempo, se ha tenido impactos indirectos en los factores sociales, económicos, culturales y estéticos de las diferentes cuencas hidrográficas.

De acuerdo al Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015), nuestro país cuenta con abundantes fuentes de recursos hídricos, pero su calidad es crítica en la mayor parte de regiones hidrográficas; ocasionadas por el deficiente manejo de las aguas residuales domésticas, por el vertimiento de aguas residuales sin previo

tratamiento, por mala gestión de residuos sólidos, por la existencia de pasivos ambientales, y/o por características naturales.

Un ejemplo de ello, es lo mencionado por el Ministerio de Agricultura (MINAGRI, s.f.), que reporta que casi el 65% de las descargas sobre el agua superficial, subterránea y marina, pertenecen desagües domésticos, el 25% a efluentes mineros y lo restante a desagües industriales, pesqueros y efluentes petroleros.

A pesar que en nuestro país se cuenta con normativa que establece los niveles de calidad ambiental del agua que no representan riesgo significativo para la salud poblacional y del medio ambiente (D.S. N° 004–2017–MINAM), la mayor parte de cuerpos de agua sobrepasan los límites establecidos en los estándares de calidad ambiental

Los informes de monitoreo participativo de la calidad del agua superficial realizados en la cuenca del río Mantaro desde el 2012 por la Autoridad Nacional del Agua, destacan la existencia de diversos parámetros que registran valores fuera de los estándares de calidad ambiental para agua en varios de los puntos monitoreados semestralmente.

El río Ragra, naciente de la cuenca del río San Juan, no es ajeno a la problemática descrita; por ello, la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2018) referencia que sus aguas son contaminadas no solo por la filtración de impurezas de los relaves mineros cercanos a su cauce o por los procesos industriales que arrojan sustancias tóxicas a sus aguas, sino también por las descargas domésticas con alto contenido parasitario y patógeno. Ante ello, el MINAM (2021) determino que la calidad de sus aguas se ha visto afectada por diversas actividades antropogénicas, como la minería, y los vertimientos de aguas residuales

domésticas e industriales. Se destaca también, una gran preocupación sobre el estado ambiental del río y su capacidad para mantener los estándares de calidad establecidos en la normativa nacional relacionada.

Figura 1:

Río Ragra a la entrada del C.P. Quiulacocha



Fuente: imagen propia

Lo descrito, describe un problema ambiental significativo, debido a que la degradación de la calidad del agua no solo afecta a los ecosistemas acuáticos, sino también a las comunidades que dependen de este recurso para su subsistencia. Como consecuencia de la complejidad de esta problemática, el MINAM ha aprobado el “Plan de acción multisectorial para la recuperación ambiental de la cuenca del río Ragra al 2027” (D.S. N° 002–2023–MINAM); cuyo finalidad es controlar los impactos negativos de las actividades extractivas y poblacionales sobre los factores ambientales del entorno de este recurso hídrico.

En este contexto, nuestra investigación determina el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río Ragra en relación con los parámetros del ECA-Agua, con la

finalidad de identificar los principales factores contaminantes para mejorar la gestión sostenible de este recurso. En ese sentido, esperamos que nuestro estudio se constituya en una herramienta útil para la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes y los actores locales involucrados en la gestión del recurso hídrico.

1.2. Delimitación de la investigación

Los límites de nuestra investigación, están enmarcados en la siguiente tabla:

Tabla 1:

Delimitación de la investigación

Delimitación	Límite
Delimitación espacial	Río Ragra; ubicado en el distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco
Delimitación temporal	Monitoreo participativo del ANA 2023
Delimitación del universo	Aguas superficiales del río Ragra
Delimitación del contenido	Contaminación de aguas

Fuente: elaboración propia

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el índice de la calidad del agua del río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuánto es la concentración de los parámetros fisicoquímicos en el río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua?

- b) ¿Cuánto es la concentración de los parámetros de elementos inorgánicos en el río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua?
- c) ¿Cuánto es la concentración de los parámetros microbiológicos en el río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el índice de calidad de agua superficial del río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Comparar los parámetros fisicoquímicos del río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua.
- b) Comparar los parámetros de elementos inorgánicos del río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua.
- c) Comparar los parámetros microbiológicos del río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua.

1.5. Justificación de la investigación

Como se ha hecho mención, el agua es vital para el desarrollo de la mayor parte de las actividades humanas, por ello su calidad debe ser óptima en cuanto a sus propiedades químicas, físicas y biológicas.

La exposición de las aguas superficiales a una variedad de factores que alteran su calidad, es una gran preocupación. Debido a ello, es necesario comprender el valor de este recurso y de ese modo, proponer medidas para su cuidado, protección, conservación, preservación y restauración.

En ese sentido, esta investigación es justificable desde diversas perspectivas, dado que el estudio del Índice de Calidad del Agua del río Ragra tiene implicancias en la sostenibilidad de los recursos hídricos de la región Pasco.

1.5.1 Justificación teórica.

Nuestra investigación aporta al conocimiento de la evaluación de la calidad del agua en ecosistemas fluviales afectados por actividades humanas. Los estudios previos de esta temática, han abordado la problemática de la contaminación hídrica de manera fragmentada, por ello es necesario integrar y actualizar la información existente a través de metodologías estandarizadas como el Índice de Calidad del Agua (ICA), que combina múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos en un solo valor (Chapman, 1996). De este modo, este estudio no solo busca contribuir con el conocimiento científico local, sino también aportar en la discusión sobre la gestión sostenible de este recurso hídrico.

1.5.2 Justificación Práctica

Los resultados de esta investigación, proporcionan datos concretos y actualizados respecto a la calidad del agua del río Ragra, lo que puede facilitar la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades, en busca de mejorar la gestión y remediación de este recurso hídrico. De la misma manera, se logra identificar los principales parámetros que exceden los niveles permitidos en el ECA-Agua; y como consecuencia de ello, se puede facilitar la implementación de medidas correctivas específicas. Esta información es muy importante para tratar de asegurar que las aguas del río Ragra, sean aptas para los usos a los que se destina.

1.5.3 Justificación Legal

Nuestra investigación, esta alineada con los compromisos nacionales en materia de protección ambiental y gestión de los recursos hídricos. El Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua, 2017), representa el marco normativo que garantiza la calidad del agua para proteger la salud de las personas y de los ecosistemas acuáticos. No obstante, su aplicación efectiva requiere de múltiples estudios, que demuestren el grado de cumplimiento de los parámetros establecidos. A través de este estudio, se proporciona evidencia que pueda fortalecer la fiscalización ambiental y promover el cumplimiento de la normativa vigente por parte de los actores e involucrados en esta problemática.

1.5.4 Justificación Social

Los resultados de esta investigación, tienen un impacto directo sobre las comunidades que dependen del río Ragra en sus actividades cotidianas. La contaminación del agua no solamente afecta la salud de los ecosistemas de su entorno, sino también la calidad de vida de las personas que hacen uso de este recurso de modo directo e indirecto. Diversos estudios han concluido que la exposición a aguas contaminadas por metales pesados y otros microorganismos, generan problemas de salud pública, siendo las enfermedades gastrointestinales y dermatológicas las principales afecciones. Por lo tanto, a través de esta investigación, se busca generar conciencia respecto a la importancia de la protección de los recursos hídricos; y, al mismo tiempo, promover la participación activa de las comunidades en su gestión sostenible.

1.5.5 Justificación Ambiental

La relevancia ambiental de esta investigación, se fundamenta en que el río Ragra es parte de un ecosistema frágil que alberga una diversidad de especies

acuáticas y terrestres. Su contaminación no solo afecta a los organismos que habitan en él, sino también a los ecosistemas circundantes. Así mismo, la degradación en su calidad de agua, tendrá efectos a largo plazo, tal como la pérdida de biodiversidad y la alteración de los ciclos biogeoquímicos como lo manifiesta las investigaciones de Allan & Castillo (2007). A través de este estudio, se busca contribuir con la conservación de los ecosistemas acuáticos de la región, proporcionando información de importancia para la implementación de estrategias de remediación y restauración ambiental.

Por todo lo descrito, esta investigación es importante por su contribución al conocimiento científico, su aplicabilidad práctica, su alineación con la normativa legal, su impacto social y su relevancia ambiental. Los resultados a los que se han llegado, no solo benefician a la comunidad académica, sino también a las autoridades sectoriales, a las comunidades y poblaciones aledañas, y a los ecosistemas que dependen del río Ragra.

1.6. Limitaciones de la investigación

No se ha presentado limitaciones ni dificultades de gran envergadura en el desarrollo de esta investigación.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Para la realización de la presente investigación, se ha tomado como referencia diversos antecedentes de estudios referidas no solo al río Ragra, sino también al río San Juan debido a su cercanía a la zona en estudio; los cuales los describo a continuación:

En primer lugar, tenemos a Cotrina (2023) quien, en su tesis de titulación establece como objetivo principal la evaluación de la calidad del agua superficial del río Ragra durante el 2021 de acuerdo al estándar de calidad ambiental respectivo; para ello, realizó una investigación con enfoque cuantitativo del nivel descriptivo – explicativo, empleando la técnica del muestreo puntual en los monitores participativos del ANA. Entre sus resultados, se destaca un alto número de parámetros que sobrepasan los niveles aceptables de la categoría 3 en lo que refiere a riego de vegetales y bebida de animales, tal como se estipula en los ECA-Agua. Lo que le ha llevado a concluir que la calidad de las aguas del río Ragra no son aptas en dicha categoría.

En segundo lugar, tenemos a Rojas (2018) quien, en su investigación realizada en el río Ragra en la condición de afluente del río San Juan, se planteó como objetivo: determinar la categoría de sus aguas evaluando los parámetros físico-químico y microbiológico de dicho recurso hídrico; para ello, realizó una investigación descriptiva con un diseño no experimental cuantitativo. Dentro de sus principales resultados se destaca que, los diversos parámetros evaluados no cumplen en su totalidad con los ECA-Agua. Bajo ello, se determina que las aguas del río Ragra se encuentra en la categoría 3, que corresponde al riego de vegetales y bebida de animales.

En ese mismo sentido, se ha podido acceder a la tesis de maestría de La Torre (2023) cuyo propósito fue determinar la contaminación del río Ragra por el mal manejo de drenaje ácido del desmonte Excelsior y los depósitos de relaves en Quiulacocha. Para ello, aplicó una investigación del tipo aplicada a un nivel exploratorio con un enfoque cualitativo del tipo hermenéutico. Dentro de los principales resultados se destaca que en la temporada de avenida, diversos parámetros evaluados, principalmente de metales pesados, se encuentran por encima de los ECA-Agua, Categoría 3; cabe precisar que estos resultados han sido evaluados con el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y el Decreto Supremo N° 010- 2010-MINAM. A su vez, concluye que respecto a la relación del potencial de neutralización y potencial máximo de acidez, los mencionados depósitos de relaves y desmontes son generadores de ácidos, lo que representa un problema en la calidad de las aguas del río Ragra.

Por su parte, Pardavé (2022) en su investigación realizada en los distritos de Simón Bolívar y Yanacancha de la provincia de Pasco, se propuso evaluar la calidad física y química de las aguas que tienen influencia de la actividad minera

de la Cía. Cerro S.A.C; diseñando una investigación descriptiva del tipo no experimental, utilizo los puntos de monitoreo que se encuentran dentro de la unidad minera en estudio y que influyen a las subcuencas del río San Juan, cuya naciente es el río Ragra. Sus resultados advirtieron una preocupación entorno a los ríos de la zona que se exponen a la contaminación por metales por encima de los límites máximos permisibles; y como conclusión hace mención que aguas arriba del vertimiento de la relavera Ocroyoc en el río Ragra, se evidencia que la calidad de agua evidencia niveles por encima de los estándares de calidad ambiental (ECA) debido a los lixiviados de las desmonteras de la unidad minera y de la desmontera Excelsior; así mismo, los sólidos disueltos totales se incrementa después de vertimiento de aguas de la relavera Ocroyoc.

Por otro lado, Jiménez (2023) en su tesis de titulación, propone evaluar de la calidad de aguas del río San Juan en el distrito de Vicco, previa a su confluencia en el Lago Chinchaycocha. Para ello, trabajo con una investigación del nivel descriptivo analítico con un diseño transversal utilizando dos puntos de monitoreo. Como resultados se resalta que la calidad de agua del río San Juan antes de la confluencia al Lago Chinchaycocha no cumple con los ECA-Agua, debido a que diversos metales superan los niveles permitidos principalmente por la presencia de desmontes y relaves antiguos en el trayecto del río San Juan.

De la misma manera, Chirinos (2022) en su tesis de maestría se trazó como objetivo: determinar el índice de calidad de agua y de metales pesados en el río San Juan en el periodo comprendido entre el 2012 y el 2018; resaltando, la importancia de mostrar los impactos que generan las actividades antropogénicas en la franja de este cuerpo de agua. Para la estimación de la calidad del agua se aplicó la metodología del Índice de la Canadian Water Quality Guidelines for the

Protection of Aquatic Life (CCME WQI) utilizando 14 parámetros medidos y reportados en el periodo de estudio por el ANA. Los resultados evidenciaron impactos negativos a lo largo del río San Juan, concluyendo que su calidad del agua es buena en la parte alta, la calidad del agua es pobre en la parte media y la calidad del agua es regular en la parte baja de dicha sub cuenca.

Sumado a lo ya descrito, Villarreal (2016) en su informe de tesis se propuso determinar la calidad del agua superficial del río San Juan evaluando los monitoreos de los años 2001 al 2011 obtenidos de Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y también de identificar las posibles fuentes de contaminación de este cuerpo de agua. Para ello, se trabajó con seis estaciones de monitoreo diseñado en una investigación descriptiva del nivel no experimental. Al ser comparados los valores registrados con los establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), categoría 3 se concluyó que la calidad del agua del río San Juan es mala debido a las actividades mineras que se desarrollan cercanas a su franja.

En última instancia, hemos podido referenciar que el Centro de Cultura Popular Labor (2020) ha realizado un estudio que busca describir las condiciones de la calidad ambiental y exposición humana a metales pesados en la ciudad de Cerro de Pasco, el cual detalla que la calidad de agua del río Ragra está caracterizada por: un pH ligeramente alcalino; niveles que superan a los ECA-Agua en el manganeso (220 veces superior), zinc (43 veces superior), hierro (10 veces superior), cadmio (5 veces superior), y plomo (2 veces superior). Además, estudios del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) revelan la presencia de concentraciones de sulfatos y plata por encima de los ECA en la Categoría 3.

2.2. Bases teóricas – científicas

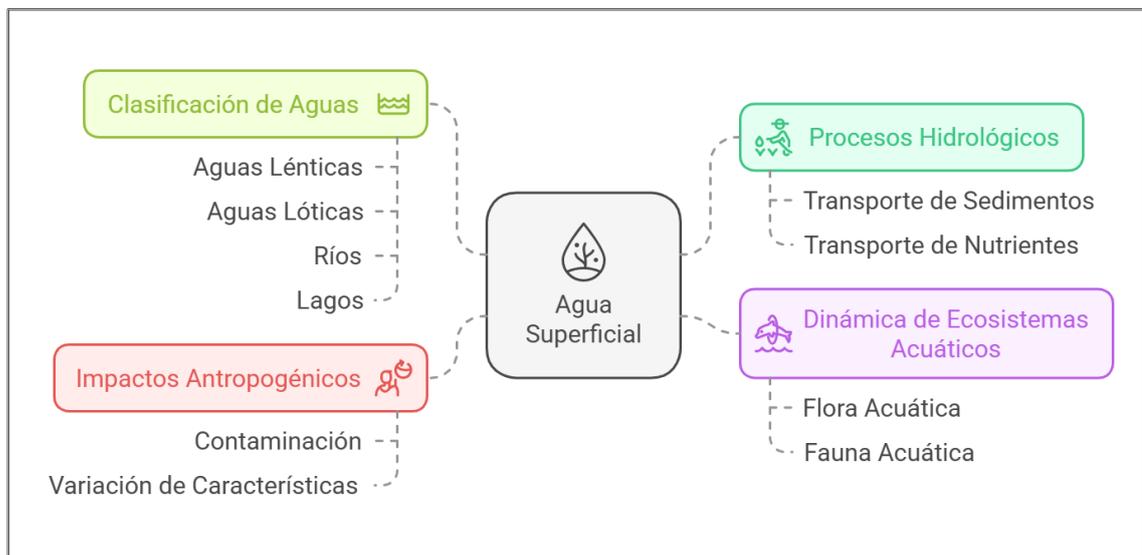
En la actualidad, conocer el índice de calidad del agua superficial es una necesidad debido a que permite evaluar de modo resumido y accesible las características de un cuerpo de agua. Por ello, hemos considerado el siguiente sustento teórico:

2.2.1. Agua superficial.

El agua superficial es vital para los ecosistemas y las actividades cotidianas de las personas. Por ello, la importancia de su estudio es comprender los procesos hidrológicos, la dinámica de los ecosistemas acuáticos y los impactos de las actividades antropogénicas que se dan en cada uno de los recursos hídricos.

Figura 2:

Marco conceptual de las aguas superficiales



Fuente: elaboración propia

Las aguas superficiales permanecen encima del suelo en contacto directo con la atmósfera. Dichos cuerpos de agua recogen el agua de la lluvia, manantiales y escorrentías de otras fuentes de agua; teniendo como destino final una masa de agua más grande, como los ríos que llegan al océano. En ese sentido,

Chapman (1996) lo considera como un componente clave en el ciclo hidrológico, debido a que actúa como un conducto para el transporte no solo del agua, sino también de los sedimentos y nutrientes a través del paisaje. Por ello, este tipo de agua es muy susceptible a la contaminación a causa de su exposición directa a diversas fuentes contaminantes. Debido a ello, sus características varían de acuerdo a factores como el clima, geología, vegetación y las actividades humanas que se desarrollan en la cuenca hidrográfica.

De la misma forma, Rothsuh (2022) manifiesta que las aguas superficiales pueden distinguirse por diferentes criterios; como el nivel de movimiento que ejercen, teniendo en este caso: aguas lénticas, las cuales no tienen movimiento y son consideradas estáticas como los lagos; y, las aguas lólicas, que llevan una determinada dirección y son dinámicas como los ríos. Concluyentemente, entre los diversos tipos de aguas superficiales tenemos a: los ríos, los manantiales, los lagos, las lagunas, los humedales, los pantanos o humedales, los lagos temporales, los estanques.

2.2.2. Calidad del agua.

La calidad del agua es un concepto multidimensional referido a las características físicas, químicas y biológicas del agua, que determinan su aptitud para los diversos usos que pueda darse, como el consumo humano, la agricultura, la industria y la conservación de los ecosistemas acuáticos. Desde un punto de vista ambiental, la calidad del agua permite conocer las condiciones que debe poseer ese recurso para mantener un ecosistema equilibrado.

Figura 3:

Factores que influyen en la calidad del agua



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017), la calidad del agua no solo se refiere a la ausencia de contaminantes, sino también a la presencia de otras características que la catalogan adecuada para un propósito específico. Con lo descrito, podemos aseverar que la calidad del agua es afectada por diversas variables naturales y humanas, que actúan en relación a su cantidad, en su uso, y en las actividades que se da en el recurso hídrico.

2.2.3. Problemas que impactan en la calidad del agua.

La contaminación del agua es el principal factor que afectan su calidad. En ese sentido, Chapman (1996) destaca que las fuentes de contaminación del agua pueden ser puntuales, como es el caso de los vertimientos industriales; o difusas, como es el caso de las escorrentías agrícolas.

Bauer et al. (2017), describe varios problemas que impactan en la calidad de agua en nuestro país, de los cuales destacamos los siguientes:

Tabla 2:

Problemas de la calidad del agua

Problema	Causa y/o impacto
Minería y metales pesados	A consecuencia del vertimiento de aguas residuales de la actividad minera se presenta alto contenido de residuos minerales y residuos químicos.
Efluentes provenientes de la minería informal	Vertimiento directo de aguas residuales de sus relaves y desmontes debido a la obtención de algunos minerales de forma artesanal.
Pasivos ambientales mineros	Existencia de instalaciones, restos minerales o efluentes en estado de abandono que han sido dedicados a la explotación minera, continúan deteriorando la calidad de los cuerpos de agua por los vertimientos y drenajes continuos presentes.
Aguas residuales municipales	Problemática muy álgida que aqueja a las poblaciones rivereñas a los cuerpos de agua a pesar de la normativa de control existente
Agroquímicos	Mayor fuente de contaminación no puntual debido a la escorrentía de los residuos fertilizantes utilizados en la agricultura.
Residuos sólidos	Debido principalmente a la presencia de botaderos informales que arrastran distintos desperdicios y contaminantes a los cuerpos de agua cercanos.
Contaminantes naturales	La presencia de arsénico en las aguas superficiales y subterráneas es debido a la formación geológica de nuestra cordillera de los Andes.

Fuente: (Bauer y otros, 2017)

2.2.4. Estándar de calidad ambiental para agua.

Las concentraciones de elementos o compuestos que se encuentran en el ambiente que no representan riesgos para la salud de las personas y el ambiente circundante, definen a un estándar de calidad ambiental. Nuestro país, estableció estos instrumentos de gestión ambiental para medir periódicamente el estado de la calidad del ambiente y verificar su cumplimiento y/o tomar las acciones correctivas al respecto.

Por lo tanto, los estándares de calidad del agua son herramientas esenciales que buscan garantizar que el agua sea segura para sus usos previstos. En el Perú, los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) han sido establecidos por el Decreto Supremo N° 004–2017 promulgado por el Ministerio del Ambiente, el cual define los niveles permisibles de diversos parámetros para diferentes categorías de uso.

A continuación, detallamos la clasificación de cuerpos de agua de acuerdo al ECA-Agua:

Tabla 3:

Categorías y subcategorías de los cuerpos de agua

Categorías	Subcategorías
Categoría 1: Poblacional y Recreacional	Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable <ul style="list-style-type: none"> • A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección • A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional • A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
	Subcategorías B: Agua superficiales destinadas para recreación <ul style="list-style-type: none"> • B1: Contacto primario • B2: Contacto secundario
Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales	C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicadas en aguas marinos costeras C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas
Categoría 3: Riego de Vegetales y bebidas de animales	D1: Riego de vegetales <ul style="list-style-type: none"> • Agua para riego no restringido • Agua para riego restringido D2: Bebida de animales

	E1: Lagunas y lagos
	E2: Ríos
Categoría 4:	• Ríos de la costa y sierra
Conservación del medio ambiente acuático	• Ríos de la selva
	E3: Ecosistemas costeras y marinas
	• Estuarios
	• Marinos

Fuente: D.S N° 004-2017-MINAM

Este instrumento de gestión ambiental determinado por el Ministerio del Ambiente, estipulan su uso obligado en la determinación de los usos de los cuerpos de agua respecto a sus contextos naturales o niveles de fondo; tal como lo dispone la Ley General del Ambiente. Por ello, es considerado como el principal instrumento que permite la evaluación del estado de los cuerpos de agua en las cuencas hidrográficas de nuestro país.

2.2.5. Parámetros de la calidad del agua.

Los parámetros de la calidad del agua son indicadores que evalúan las características físicas, químicas y biológicas del agua, estableciendo su aptitud para diversos usos que se pueda dar. En ese sentido, Torres (2018) define al parámetro como una variable numérica que describe una magnitud física, es decir un indicador que indica en qué unidades se mide y qué tipo de amplitud tiene. Los parámetros de la calidad del agua se clasifican en tres categorías principales:

- **Parámetros físicos:** Incluyen características como la temperatura, el color, la turbidez y los sólidos suspendidos.
- **Parámetros químicos:** Comprenden la concentración de sustancias como el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto, los nutrientes (nitratos y fosfatos) y los metales pesados (arsénico, plomo, mercurio).
- **Parámetros biológicos:** Se refieren a la presencia de microorganismos patógenos (como coliformes fecales) y a la diversidad de especies acuáticas.

La tabla mostrada a continuación, detalla los principales parámetros e indicadores de calidad de agua que corresponde a la categoría 3 de los ECA-Agua y que corresponden a la categorización del río Ragra.

Tabla 4:

Principales parámetros de los ECA-Agua Categoría 3

Parámetros	Unidad de medida	Riego de vegetales	Bebida de animales
Fisicoquímicos			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Conductividad	(μ S/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 4	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Temperatura	°C	$\Delta 3$	$\Delta 3$
Inorgánicos			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Hierro	mg/L	5	**
Litio	mg/L	2,5	2,5
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
Zinc	mg/L	2	24
Microbiológicos y parasitológicos			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1000	1000
Escherichia coli	NMP/100ml	1000	**

Fuente: D.S N° 004-2017-MINAM

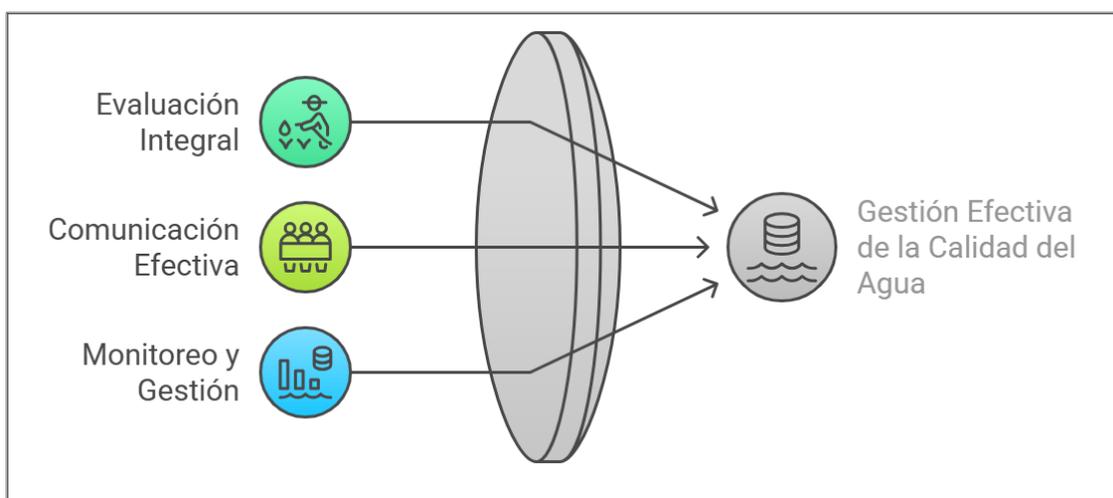
2.2.6. Índice de calidad del agua.

Los índices de calidad del agua (ICA) son herramientas que se utilizan en la evaluación integral de la calidad del agua, combinando diversos parámetros en un valor único. De acuerdo a la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2020), el uso de los índices de calidad del agua en nuestro país ha permitido evaluar el estado de los recursos hídricos en diversas cuencas y sub cuencas, logrando

identificar las principales fuentes de contaminación presente en ellas y proponiendo medidas correctivas para su recuperación. Sin embargo, para el uso de esta herramienta se requiere una minuciosa selección de los parámetros y una adaptación a las condiciones locales del entorno.

Figura 4:

Objetivos del ICA



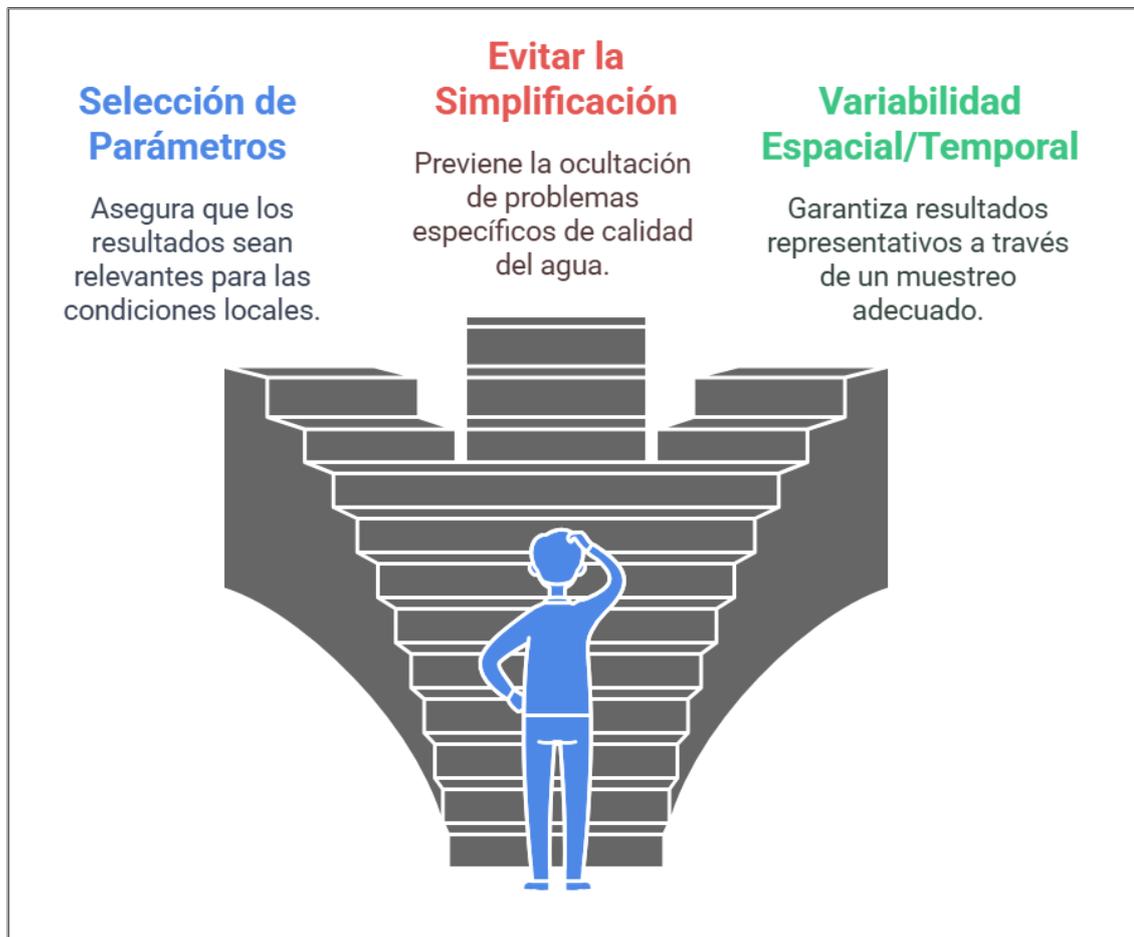
Fuente: elaboración propia

De acuerdo a Chapman (1996), los objetivos del índice de calidad del agua son los siguientes:

- Evaluación integral: El ICA integra múltiples parámetros de calidad del agua en un valor único que facilita la evaluación integral de la condición del cuerpo de agua.
- Comunicación efectiva: La conversión de datos técnicos en un valor numérico de fácil entendimiento, facilita la comunicación de los resultados a quienes toman las decisiones en la gestión sostenible del recurso hídrico.
- Monitoreo y gestión: El ICA permite el monitoreo continuo de la calidad del agua e identifica sus tendencias para poder implementar medidas de gestión y remediación del recurso.

Figura 5:

Limitaciones del ICA



Fuente: elaboración propia

A pesar de que el índice de calidad del agua es una herramienta útil, tiene algunas limitaciones, que se describen a continuación:

- Selección de parámetros: La elección de los parámetros y de los pesos que se le asigna a cada uno de ellos, puede influir en los resultados del ICA; por ello, se requiere una selección cuidadosa y adaptada a las condiciones locales.
- Simplificación excesiva: Al resumir la calidad del agua en un valor único, el ICA puede encubrir problemas específicos en parámetros individuales.
- Variabilidad espacial y temporal: La calidad del agua puede variar de manera significativa en el espacio y/o tiempo; por ello se requiere realizar un

muestreo y análisis adecuado para obtener resultados que sean representativos.

Existen muchas metodologías para calcular el índice de calidad del agua, cada una con sus propios parámetros y pesos establecidos. Algunas de las más utilizadas las detallamos a continuación:

Tabla 5:

Metodologías para el cálculo del ICA

Metodología	Descripción
ICA de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (NSF-ICA)	Desarrollado por Brown et al. (1970), en el que se considera 9 parámetros: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez y sólidos totales. A cada uno de ellos, se le asigna un peso específico para el cálculo del índice.
ICA de la Organización Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA)	Este índice, desarrollado por Chapman (1996), se adapta a las condiciones locales y puede incluir parámetros adicionales, como metales pesados y toxicidad.
ICA adaptado a contextos regionales	En varios países, el índice de calidad del agua se ha adaptado para poder reflejar las condiciones locales y las prioridades de gestión.

Fuente: Bauer (2017)

En nuestro país, la Autoridad Nacional del Agua ha desarrollado una metodología para el cálculo del índice de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales denominado ICA-PE, el cual es detallado en el apartado a continuación.

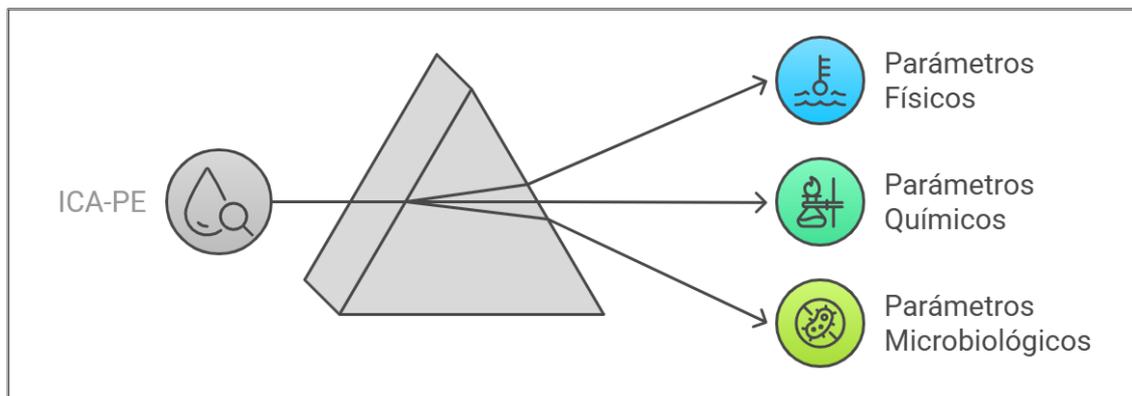
2.2.7. Índice de calidad del Agua para Perú.

El ICA-PE es un índice de calidad del agua desarrollado por la Autoridad Nacional del Agua adaptada a las condiciones específicas del país; constituyéndose en una herramienta diseñada para evaluar de manera integral la

condición de los recursos hídricos peruanos, en función a la selección de ciertos parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Figura 6:

Parámetros evaluados para el cálculo del ICA-PE



Fuente: elaboración propia

Este indicador permite transformar los datos de las concentraciones de los parámetros en estudio, a una escala de medición única expresado en porcentaje, haciendo uso de ecuaciones y/o fórmulas matemáticas

Los parámetros han sido seleccionados debido a su recurrencia en las evaluaciones realizadas con el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales del ANA.

Por lo mencionado, detallamos a continuación los parámetros seleccionados de la Categoría 3 del estándar de calidad ambiental para agua (ECA-Agua) con la finalidad de determinar el cálculo del Índice de calidad del agua para Perú (ICA-PE).

Tabla 6:

Parámetros seleccionados para estimación del ICA-PE en la Categoría 3

N°	Parámetro	Unidades
01	Cloruros	mg/L
02	Conductividad	mg/L
03	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L
04	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L
05	Potencial de Hidrógeno (pH)	Unid. de pH
06	Aluminio	mg/L
07	Arsénico	mg/L
08	Boro	mg/L
09	Cadmio	mg/L
10	Cobre	mg/L
11	Hierro	mg/L
12	Manganeso	mg/L
13	Mercurio	mg/L
14	Plomo	mg/L
15	Zinc	mg/L
16	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml
17	Huevos y larvas helmintos	Huevos/L

Fuente: ANA (2020)

El procedimiento para determinar el ICA-PE se muestra en la siguiente figura y son detalladas seguidamente:

Figura 7:

Pasos a seguir para determinar el valor y representar un ICA



Fuente: ANA (2018)

A. Identificación de la zona en estudio.

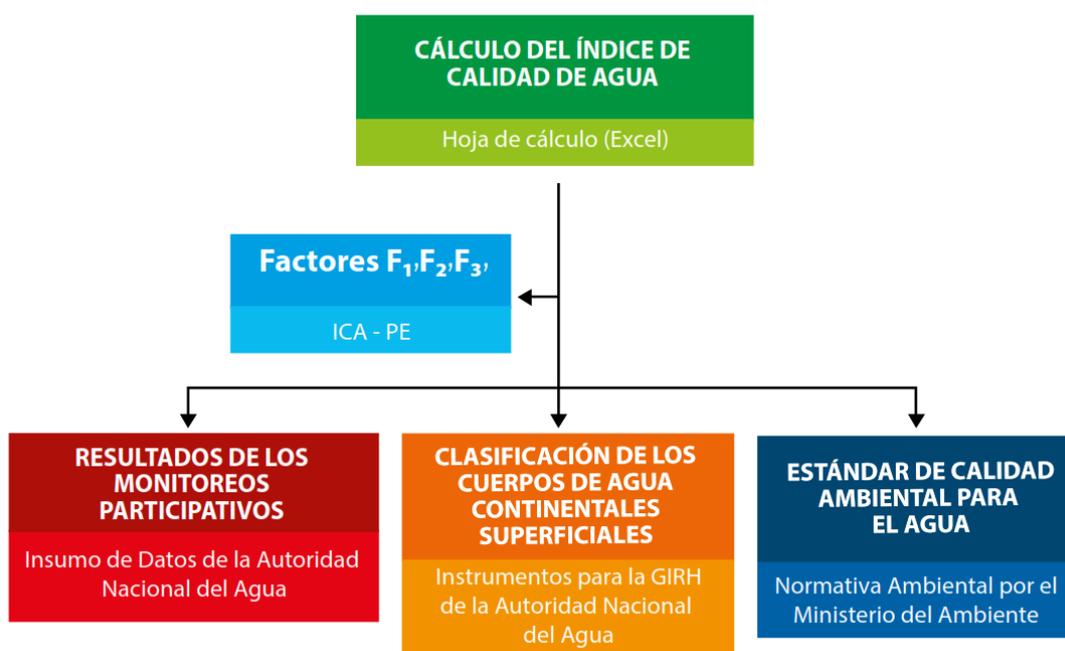
La zona de estudio identificada (cuenca, río o parte de un curso de agua) debe ser descrita destacando sus características hidrográficas y de la misma manera, señalando las principales actividades productivas y/o poblaciones presentes.

B. Recopilación de datos.

Para poder determinar el índice de calidad del agua de un punto de monitoreo específico, es necesario contar con datos de fuentes confiables que son verificados por la ANA en el marco del control y la vigilancia de los recursos hídricos, a través de los monitoreos de la calidad del agua de las cuencas que realiza de manera programada. Dicha información, presentan los resultados de evaluación del estado de la calidad del agua de todo o parte de una cuenca en relación a los valores establecidos en el ECA - Agua.

Figura 8:

Información base necesaria para la determinación del ICA



Fuente: ANA (2018)

Para determinar el ICA-PE es necesario un mínimo de cuatro (04) parámetros (variables) a evaluar en cuatro (04) monitoreos (tiempos). Sin embargo, la guía metodológica para la determinación del ICA-PE no se especifica un número máximo de parámetros, aplicándose desde un punto de monitoreo a más del cuerpo de agua en estudio.

C. Cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA-PE)

El ICA-PE es un valor entre 0 y 100, hallado matemáticamente a través de la fórmula canadiense con tres factores: alcance, frecuencia y amplitud. Dicho valor representa y describe el estado de la calidad del agua de uno o varios puntos de monitoreo que corresponde a un determinado curso de agua, un río o cuenca.

El alcance (F_1), considerado el primer factor, determina la cantidad de parámetros de calidad que no cumplen con los valores que se establecen normativamente en el ECA-Agua, en relación al total de parámetros a evaluar. Su valor es hallado por:

$$F_1 = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA-Agua}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}} * 100$$

Por su parte, el segundo factor es la frecuencia (F_2), determina la cantidad de datos que no cumplen los valores establecidos en los ECA-Agua en relación al total de datos de los parámetros a evaluar (resultados medidos en mínimo 4 monitoreos). Su valor es hallado por:

$$F_2 = \frac{\text{Número de parámetros que NO cumplen el ECA-Agua de los datos evaluados}}{\text{Número Total de datos evaluados}} * 100$$

Finalmente; la amplitud (F_3), el tercer factor, mide la desviación que existe en los datos y está determinada por la suma normalizada de excedentes respecto al número total de datos. Su valor es hallado por:

$$F_3 = \frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} * 100$$

En donde, la Suma Normalizada de Excedentes es hallada por:

$$nse = \text{Suma Normalizada de Excedentes} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedente}_i}{\text{Total de Datos}}$$

El Excedente por cada uno de los parámetros evaluados, es el valor determinado con la diferencia del valor ECA y el valor del dato respecto al valor del ECA-Agua. En su determinación, es necesario considerar las situaciones que se detallan seguidamente.

La primera situación se presenta cuando el valor de concentración del parámetro supera al valor establecido en el ECA-Agua; por ejemplo, en el Plomo (>0.05). En este caso, para calcular el excedente se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Excedente}_i = \frac{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA} - \text{Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en ECA} - \text{Agua}} - 1$$

La segunda situación se presenta cuando el valor de concentración del parámetro es menor al valor establecido en el ECA-Agua, por el cual se incumpe la condición señalada en dicha normativa; por ejemplo, el Oxígeno Disuelto (>4). En este caso, para calcular el excedente se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Excedente}_i = \frac{\text{Valor establecido del parámetro en ECA} - \text{Agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA} - \text{Agua}} - 1$$

Con los valores de los tres factores, la determinación del ICA-PE es posible de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$ICA - PE = 100 - \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}}$$

El resultado del ICA-PE se presenta como un número adimensional comprendido entre un rango de 0 a 100, el cual permite establecer escalas de la

calidad del agua en cinco rangos: excelente, bueno, regular, malo y pésimo; los cuales son detallados en la siguiente tabla:

Tabla 7:

Interpretación de la Calificación ICA-PE

ICA-PE	Calificación	Descripción
90 – 100	Excelente	<ul style="list-style-type: none"> - La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. - Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
75 – 89	Bueno	<ul style="list-style-type: none"> - La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. - Las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
45 – 74	Regular	<ul style="list-style-type: none"> - La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. - La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. - Muchos de los usos necesitan tratamiento.
30 – 44	Malo	<ul style="list-style-type: none"> - La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad - Frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. - Muchos de los usos necesitan tratamiento.
0 – 29	Pésimo	<ul style="list-style-type: none"> - La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad - Casi siempre está amenazada o dañada. - Todos los usos necesitan previo tratamiento.

Fuente: ANA (2018)

El ICA-PE está expresado en porcentaje; en el que se considera que un valor cercano al 0% representa la alta afectación que existe en la calidad del agua de ese punto de monitoreo; y un valor cercano al 100% representa que el punto de monitoreo presenta excelentes condiciones.

El ICA-PE para un solo monitoreo es factible cuando se presenta como un indicador puntual en espacio y tiempo, es decir, en un mismo momento y en los puntos de monitoreo establecidos por la ANA. Su cálculo se realiza siguiendo los

mismos criterios y fórmulas descritas, asumiendo que los factores F_1 y F_2 serán iguales en su determinación; por lo tanto, se tiene:

$$F_1 = F_2$$

D. Presentación de resultados

La presentación de los resultados se presenta a través de tablas donde se especifica los cálculos realizados y el estatus o condición del ICA-PE que se ha determinado.

También, pueden ser representados a través de un mapa donde se especifica el color de la condición del ICA-PE en cada punto de monitoreo ubicado en el mismo.

2.3. Definición de términos básicos

- **Agua residual:** Efluentes líquidos acuosos residual, cuya característica es haber perdido alguna de sus características de calidad a causa de la adición de otras sustancias o agentes biológicos.
- **Agua subterránea:** Agua que se sitúa debajo de la superficie del suelo, cubriendo el espacio vacío entre rocas o de algún material poroso; generalmente, su extensión es considerada como zona saturada.
- **Bicarbonatos:** Sales formadas a partir de ácido carbónico y que posee un solo átomo de hidrógeno sustituible por un metal. Los bicarbonatos se encuentran en equilibrio con carbonatos, agua y dióxido de carbono (CO_2).
- **Coliforme:** Bacterias de morfología bacilar capaces de fermentar lactosa. Las que pueden producir gas a temperaturas entre 35° y 37°C , son denominadas coliformes totales; mientras que las que producen gas a temperaturas entre 44° y 44.5°C , son denominan coliformes fecales.
- **Contaminante:** Materia o energía ajena a la composición natural del agua.

- **DBO₅:** Medida de la cantidad de oxígeno consumida en la oxidación del material carbonoso de una muestra de agua en cinco días de incubación.
- **Detergentes:** Productos químicos utilizados en limpieza doméstica e industrial. Actúan como contaminantes cuando se encuentran en el agua provocando una disminución en la solubilidad del oxígeno disuelto que dificulta la vida acuática e inhibe en el proceso de fotosíntesis.
- **DQO:** Demanda química de oxígeno. Ensayo empleado para medir el contenido en materia orgánica en el agua residual.
- **Fertilizante:** Sustancia que contiene uno o más nutrientes necesarios para el crecimiento vegetal.
- **Oxígeno disuelto (OD):** Indispensable para la vida acuática dependiente de las condiciones ambientales, pudiendo aumentar al disminuir la temperatura o aumentar la presión dentro del cuerpo de agua.
- **Sólidos en suspensión:** Sólidos no solubles, suspendidos en el seno de una solución acuosa; pueden ser separados mediante técnicas físicas.
- **Sulfatos:** Componente natural de las aguas superficiales que muy difícilmente se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad. Si se encuentra en concentraciones excesivas en el agua ácida, puede desencadenar problemas de corrosividad.
- **Temperatura del agua:** Constante física que permite el desarrollo de varios fenómenos en el agua, como la solubilidad de gases y de sales; así como algunas reacciones en las especies biológicas del entorno.
- **Turbidez:** Medida de la no transparencia del agua, por la existencia de materia orgánica suspendida.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El índice de calidad de agua del río Ragra es menor a 45% durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos en el río Ragra durante el 2023 sobrepasan los ECA-Agua, categoría 3.
- b. Las concentraciones de los parámetros de elementos inorgánicos en el río Ragra durante el 2023 sobrepasan los ECA-Agua, categoría 3.
- c. Las concentraciones de los parámetros de elementos microbiológicos en el río Ragra durante el 2023 sobrepasan los ECA-Agua, categoría 3.

2.5. Identificación de variables

Tabla 8:

VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Tipo de variable	Descripción
Independiente	Estándar de calidad ambiental para agua
Dependiente	Índice de calidad de agua

Fuente: elaboración propia

2.6. Definición operacional de variables e indicadores.

Tabla 9:

Operacionalización de las variables.

VARIABLES	Tipo	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Estándar de calidad ambiental para agua.	Independiente	Concentraciones que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.	Categoría 3 del ECA-Agua	Concentraciones normales según norma	D.S N° 004-2017-MINAM

Índice de calidad de agua.	Dependiente	Valor numérico único que representa el estado de la calidad del agua de un punto de monitoreo.	Parámetros fisicoquímicos	Alcance (F ₁)	ICA-PE
			Elementos inorgánicos	Frecuencia (F ₂)	
			Parámetros microbiológicos	Amplitud (F ₃)	

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO III:

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Nuestra investigación es del tipo básica de acuerdo a lo descrito por Hernández et al (2014), ya que tratamos de extender los conocimientos del área ambiental. Es decir, las mediciones en el río Ragra del monitoreo participativo del año 2023, es comparado con los ECA-Agua y la posterior determinación del índice de calidad del agua permitirá apoyar a los organismos y autoridades con competencia en esta temática, puedan tomar acciones para reducir mejorar la calidad de este recurso natural hidrológico.

Por otro lado, debido a la temporalidad en que ha desarrollado esta investigación, estamos tratando con una del tipo transversal, por el análisis de las variables en un momento concreto.

3.2. Nivel de investigación

Esta investigación le corresponde a un estudio descriptivo, de acuerdo a Tamayo (2003); ya que debido al registro, análisis e interpretación de las

variables, se detalla la situación problemática del río Ragra relacionando dichas variables identificadas.

3.3. Métodos de investigación

Nuestra investigación tiene un enfoque cuantitativo, que implica el uso del método científico, por el cual se formula el problema; planteamos las hipótesis; contrastamos las mismas a partir de los resultados obtenidos; y, arribamos a conclusiones en relación a los objetivos formulados inicialmente.

Así mismo, y de acuerdo a lo expuesto por Sánchez y Reyes (2006), podemos mencionar que se ha trabajado con un método descriptivo, ya que se explican los resultados de acuerdo a como se presentan evitando distorsiones.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de nuestra investigación es no experimental, ya que no se manipuló las variables en estudio de manera intencional; en virtud a que se basa en el análisis de los hallazgos posterior a su realización.

3.5. Población y muestra

La población está comprendida por el río Ragra con un caudal aproximado de 1.36 m³/s, de acuerdo a lo mencionado por la Autoridad Local del Agua de Pasco (ALA-Pasco, 2013), cuyas aguas se dan inicio en el Centro Poblado de Paragsha y discurren hasta el río San Juan.

La figura a continuación, nos muestra el recorrido del río Ragra desde su nacimiento en la ciudad de Cerro de Pasco, hasta su tributación al río San Juan, después del centro poblado de Yurajhuanca.

Figura 9:

Extensión del Río Ragra



Fuente: Google Earth

La Autoridad nacional del Agua ha determinado 7 puntos de evaluación en los monitoreos participativos anuales y semestrales, los cuales se especifican en la siguiente tabla.

Tabla 10:

Puntos de monitoreo en el río Ragra

Punto de monitoreo	Ubicación
RRagr1	Río Ragra, derivación derecha, aproximadamente a 60 m antes de la confluencia con la derivación izquierda (margen izquierda).
RRagr2	Río Ragra, derivación izquierda, aproximadamente a 40 m antes de la confluencia con la derivación derecha (margen derecha).
RRagr3	Río Ragra, aproximadamente a 50 m antes de tributar al río San Juan (margen derecha).
RRagr4	Río Ragra, después del vertimiento de aguas residuales tratadas de la Empresa Administradora Cerro S.A.C.
RRagr5	Río Ragra, antes del vertimiento de aguas residuales tratadas de la Empresa Administradora Cerro S.A.C.
RRagr6	Río Ragra, inicio de la derivación margen izquierdo.
RRagr7	Río Ragra, inicio de la derivación margen derecha.

Fuente: Observatorio del Agua ANA

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnica de recolección de datos.

La técnica utilizada es la recopilación de fuentes documentales; en este caso del Informe 2023 del monitoreo participativo de la unidad hidrográfica de la cuenca Mantaro, del cual hemos participado como personal de apoyo en la toma de muestras en los puntos descritos anteriormente.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos.

Las fichas de registro nos han permitido consolidar los datos recopilados, de acuerdo a los parámetros medidos en el monitoreo participativo y en los puntos de monitoreo establecidos cumpliendo los protocolos estipulados por la Autoridad Nacional del Agua.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La evaluación para autenticar la validez del instrumento de investigación fue realizada y validada por el asesor de nuestra investigación y de especialistas del Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Mantaro, respecto al diseño y contenido de dicho instrumento.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Al tener un enfoque cuantitativo, nuestra investigación ha trabajado en términos numéricos, bajo una escala medición que nos facilita una representación estadística.

Los datos obtenidos han sido registrados digitalmente en archivos de extensión CSV y manejados a través de hojas de cálculo, los cuales son compatibles con la variedad de software estadístico que existe en la actualidad.

3.9. Tratamiento estadístico

Luego de la recolección de datos, se ha trabajado con diversas herramientas que corresponden a la estadística descriptiva para aplicar el análisis cuantitativo y comparativo con las variables en estudio. Todo ello nos ha sido posible con el uso de diverso software de manejo estadístico.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Los investigadores hemos considerado los principios éticos y las normas relevantes en la planificación, ejecución y divulgación de la investigación, que son descritos en el Código de Ética del Investigador de nuestra universidad.

CAPÍTULO IV:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Identificación de la zona en estudio.

Las aguas residuales del centro poblado de Paragsha permiten el nacimiento del río Ragra, que tiene un recorrido longitudinal de 7941 metros, con un ancho variable desde 1 a 3.5 metros, con un caudal aproximado de 1.36 m³/s.

Figura 10:

Río Ragra



Fuente: MINAM (2023)

En su recorrido atraviesa los alrededores de las desmonteras de Óxidos y Pirita de la empresa Cerro S.A.C., los pasivos ambientales de la desmontera Excélsior y relavera Quiulacocha, y los centros poblados de Quiulacocha y Yurajhuanca.

Figura 11:

Río Ragra en cercanía a desmonteras



Fuente: MINAM (2023)

Sus aguas se descargan al río San Juan a un kilómetro de distancia aproximada a la población de Yurajhuanca.

Figura 12:

Río Ragra descargando al río San Juan



Fuente: MINAM (2023).

4.1.2. Planificación del monitoreo.

El monitoreo anual del agua en el río Ragra fue llevado a cabo entre los meses de febrero y mayo del 2023, cumpliendo lo que establece el Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

Las aguas del río Ragra están categorizadas para riego de vegetales (D1) y bebida de animales (D2); por ello, se ha trabajado bajos los valores de la categoría 3 cuyos valores han sido especificadas en apartados anteriores.

Ha sido necesario la calibración de los equipos de medición in situ, y la participación en las charlas previas de protocolos de monitoreo y seguridad para el trabajo de campo.

Figura 13:

Multiparámetro usado en monitoreo



Fuente: imagen propia.

4.1.3. Participación del monitoreo.

Se realizaron la medición de los parámetros de campo, así mismo la toma de muestras correspondientes en los puntos de monitoreo previamente georreferenciados.

Figura 14:

Toma de muestra en el río Ragra



Fuente: imagen propia.

Cada muestra ha sido rotulada y etiquetada de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, a los lineamientos del Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y a las instrucciones del laboratorio autorizado. Para luego, ser registradas en las fichas de monitoreo respectivas y cadena de custodia, para que puedan ser transportados al laboratorio encargado de su análisis.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Los resultados del laboratorio nos han sido proporcionados por la Autoridad Local del Agua para su análisis y que a su vez han sido registrados en el Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos (SNIRH). Para el caso de nuestra investigación, solo se tomarán los parámetros que son necesarios para

calcular el índice de calidad del agua por la metodología elaborada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2018)

4.2.1. Concentraciones de parámetros físicoquímicos.

A continuación, mostramos los resultados de las mediciones de los principales parámetros físicoquímicos que corresponden al monitoreo participativo realizado en el año 2023.

Tabla 11:

Parámetros físicoquímicos del río Ragra 2023

PARAMETROS	UNIDAD	RRagr1	RRagr2	RRagr3	RRagr4	RRagr5	RRagr6	RRagr7
Cloruros	mg/L	13.318	21.353	15.06	15.172	15.452	34.296	13.675
Conductividad	(μ S/cm)	1736	680.1	2221	2300	1349	680.1	483.2
DBO ₅	mg/L	< 2.6	26.9	< 2.6	3.2	12.9	35.4	40.5
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.728	6.094	7.113	6.701	6.823	5.04	8.108
pH	Unidad de PH	8.414	7.443	8.557	6.212	7.914	8.246	7.706

Nota: Los datos resaltados corresponden a mediciones que sobrepasan el ECA-Agua

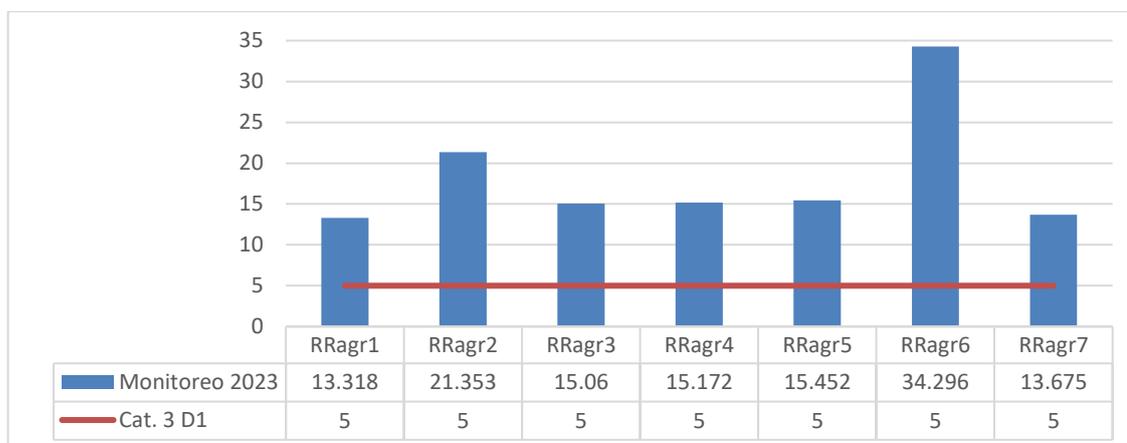
Se puede observar que no se cumplen los ECA-Agua en tres puntos para el DBO₅ y en dos puntos para el caso del pH.

A. Cloruros

La categoría 3 del Estándar de calidad ambiental para agua establece que la cantidad máxima de cloruros debe ser de 500. En la figura a continuación es apreciable que, en el monitoreo realizado no se cumple con los estándares para este parámetro medido en ninguno de los puntos de monitoreo; teniendo al sexto punto donde la concentración de cloruros es más alta, que sobrepasa en casi 6 veces el nivel permitido, y en el primer y último punto de monitoreo, donde las concentraciones son más bajas, sin embargo, siguen fuera del nivel permitido.

Figura 15:

Cloruros (mg/L) en el río Ragra 2023



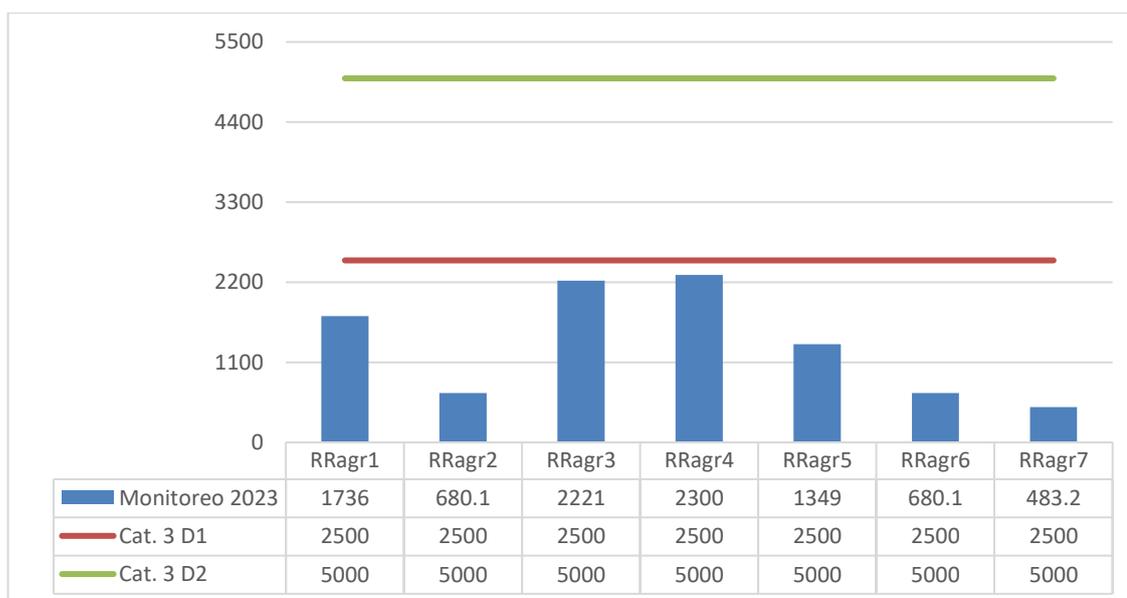
Fuente: elaboración propia.

B. Conductividad

El ECA-Agua establece que la conductividad debe ser menor a 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la categoría 3 – D1 y menor a 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la categoría 3 – D2. Veamos los resultados del monitoreo del 2023.

Figura 16:

Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en el río Ragra 2023



Fuente: elaboración propia

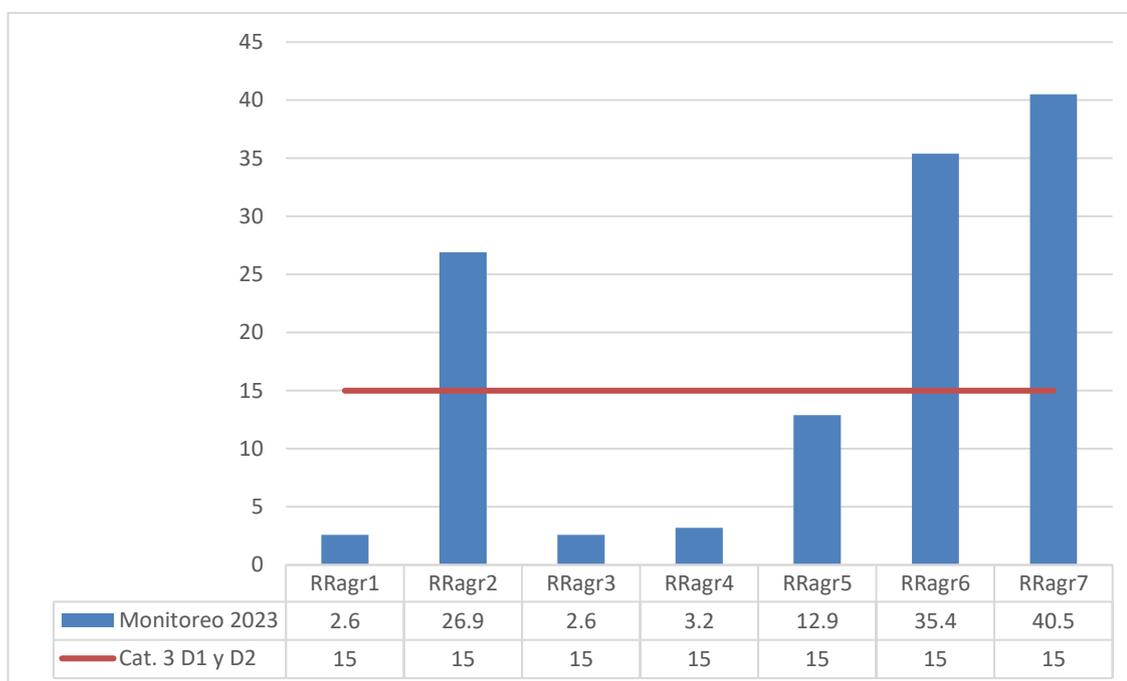
Como puede apreciarse, en ninguno de los puntos de monitoreo se sobrepasa los mínimos valores establecidos en las dos subcategorías de la Categoría 3 del ECA-Agua en el monitoreo realizado el 2023.

C. Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

El ECA-Agua establece que el DBO₅ en la categoría 3 debe ser menor o igual a 15 mg/L en ambas subcategorías en evaluación.

Figura 17:

Demanda bioquímica de Oxígeno (mg/L) en el río Ragra 2023



Fuente: elaboración propia

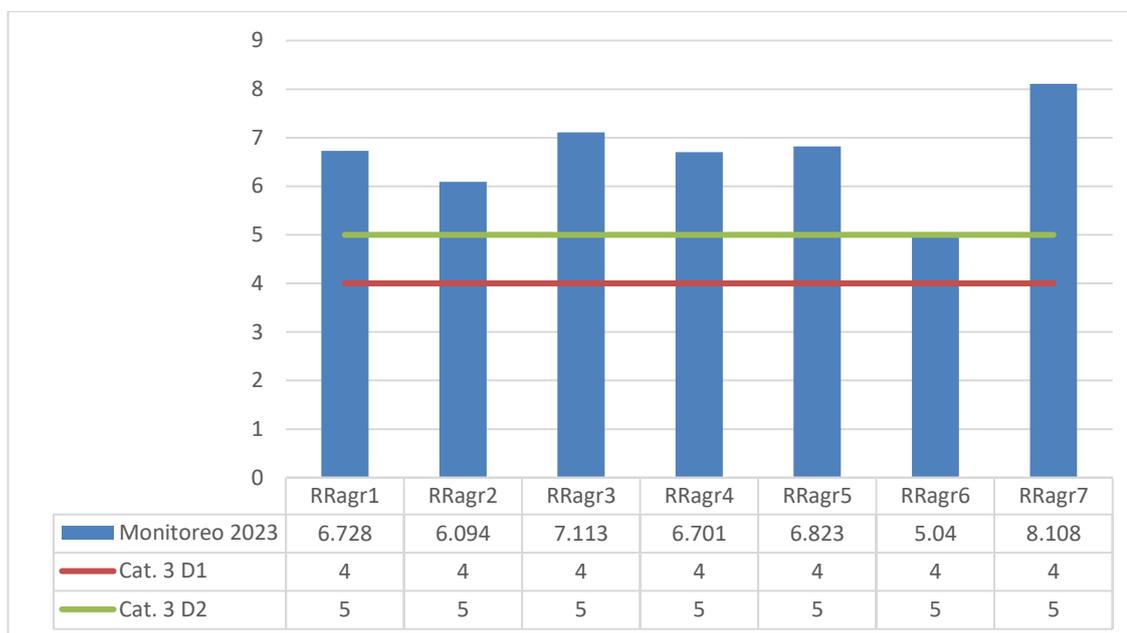
Podremos apreciar en la figura anterior que en los puntos RRagr2, RRagr6 y RRagr7 no se cumple con lo establecido en la normatividad; sobrepasando casi dos veces los valores límites de demanda bioquímica de oxígeno.

D. Oxígeno disuelto

El ECA-Agua establece que el Oxígeno disuelto debe ser máximo de 4 mg/L en la categoría 3 – D1 y máximo de 5 mg/L en la categoría 3 – D2. Con lo descrito, presentamos los resultados del monitoreo participativo del 2023.

Figura 18:

Oxígeno disuelto (mg/L) en el río Ragra 2023



Fuente: elaboración propia.

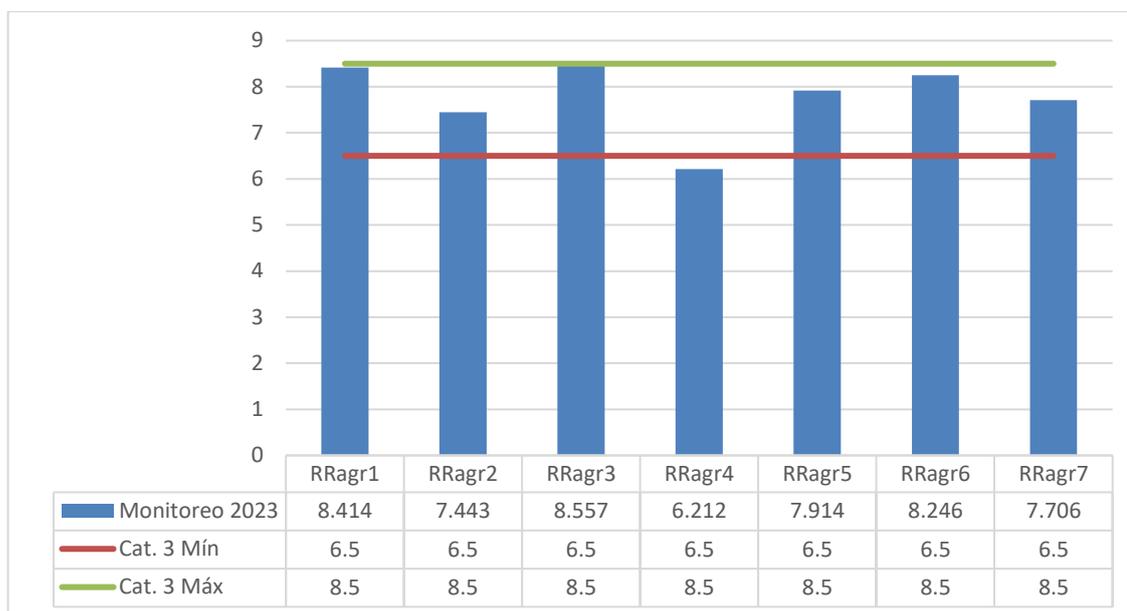
Todas las observaciones del monitoreo sobrepasan los niveles aceptables de Oxígeno disuelto que corresponden a la categoría 3 D1 y D2; teniendo al punto RRagr7 el que duplica el permitido en esta categoría.

E. Potencial de Hidrógeno (pH)

De acuerdo al ECA-Agua, el pH para las categorías y subcategorías en estudio debe de encontrarse entre 6.5 y 8.5 unidades. La figura siguiente, muestra que, este es uno de los parámetros que tienen varios puntos de monitoreo en cumplimiento con el ECA-Agua, alcanzándose el valor más alto en el tercer punto de muestreo, donde sobrepasa levemente el nivel máximo de pH y en el cuarto punto, donde no se alcanza el nivel mínimo de pH.

Figura 19:

Potencial del Hidrógeno en el río Ragra 2023



Fuente: elaboración propia

4.2.2. Concentraciones de parámetros inorgánicos.

A continuación, mostramos los resultados de las mediciones de los principales parámetros inorgánicos que corresponden al monitoreo participativo 2023.

Tabla 12:

Parámetros inorgánicos del río Ragra 2023

PARAMETROS	UNIDAD	RRagr1	RRagr2	RRagr3	RRagr4	RRagr5	RRagr6	RRagr7
Aluminio	mg/L	0.409	0.987	0.262	0.333	0.896	0.369	1.21
Arsénico	mg/L	0.0355	0.0707	0.0189	0.0212	0.0624	0.0271	0.0338
Boro	mg/L	0.025	0.015	0.032	0.033	0.021	0.02	0.007
Cadmio	mg/L	0.00551	0.00516	0.00635	0.00704	0.00631	0.00116	0.00199
Cobre	mg/L	0.06894	0.29738	0.12875	0.15072	0.1838	0.1344	0.17427
Hierro	mg/L	11.1214	14.924	5.3479	5.0175	15.4166	2.5647	7.0645
Manganeso	mg/L	6.2036	1.9839	7.9209	7.1613	4.4936	0.797	1.2499
Mercurio	mg/L	<0.00009	0.00023	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009
Plomo	mg/L	0.0169	0.0503	0.018	0.0277	0.0638	0.0105	0.0451
Zinc	mg/L	3.1378	1.535	1.5221	0.9956	2.9104	0.3069	0.7575

Nota: Los datos resaltados corresponden a mediciones que sobrepasan el ECA-Agua

De la misma manera, se visualiza que en el caso del Cobre no se cumple con lo estipulado en el ECA-Agua en un punto de monitoreo; en el caso del Hierro

solo se cumple en un punto de monitoreo; en lo que respecta al Manganeso no se cumple en ningún punto de monitoreo; y en el caso del Plomo y Zinc no se cumplen en dos puntos de monitoreo.

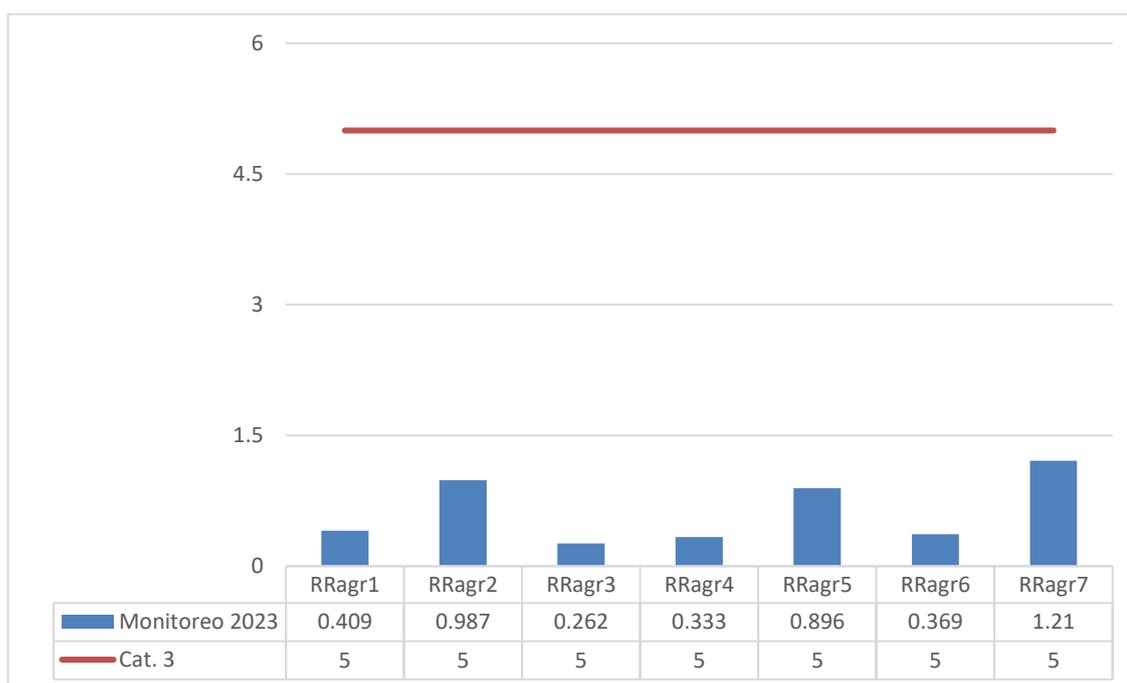
A continuación, mostraremos la evaluación de cada uno de los parámetros conforme a los puntos de monitoreo evaluados y en comparación con lo enmarcado en la normativa vigente.

A. Aluminio

La categoría 3 del ECA-Agua, especifica que la cantidad permitida para el Aluminio es menor a los 5 mg/L en ambas subcategorías.

Figura 20:

Aluminio (mg/L) en el río Ragra 2023



Fuente: elaboración propia

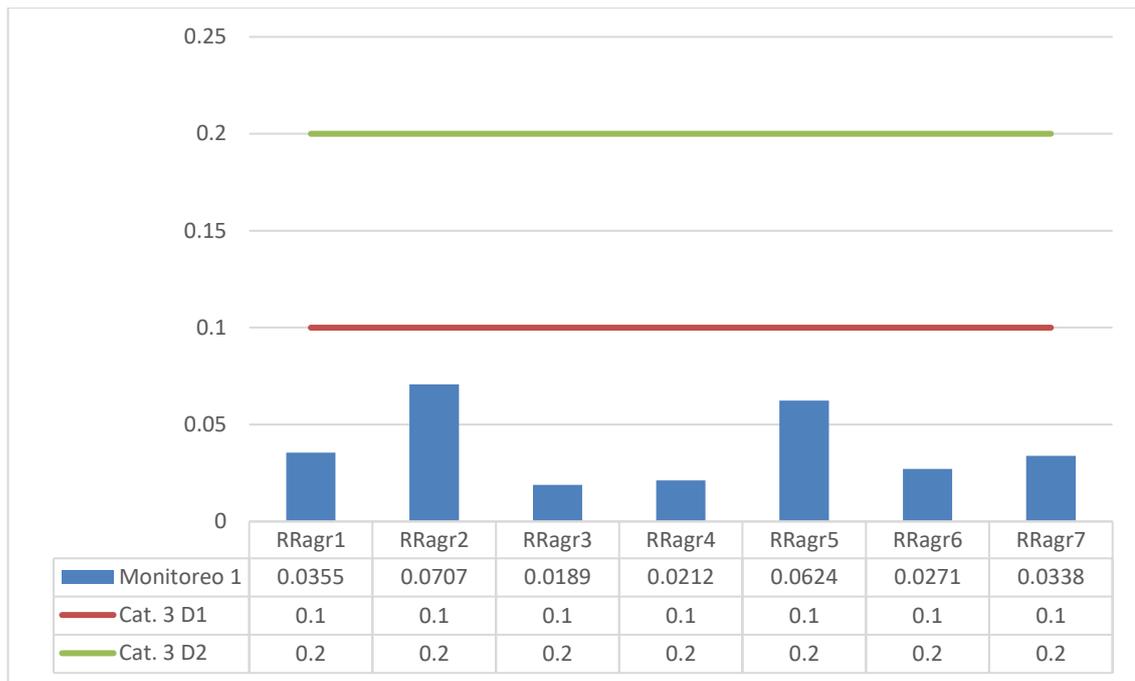
La figura anterior, nos permite apreciar que las observaciones realizadas en los 7 puntos de muestreo cumplen con dichos criterios normativos; teniendo una medición de 0.896 mg/L de aluminio en el quinto punto de monitoreo como el valor más alto de aluminio obtenido.

B. Arsénico

El ECA-Agua indican que los valores de Arsénico no deben superar los 0.1 mg/L y 0.2 mg/L para la categoría 3 D-1 y D-2 respectivamente.

Figura 21:

Arsénico (mg/L) en el río Ragra 2023



Fuente: elaboración propia

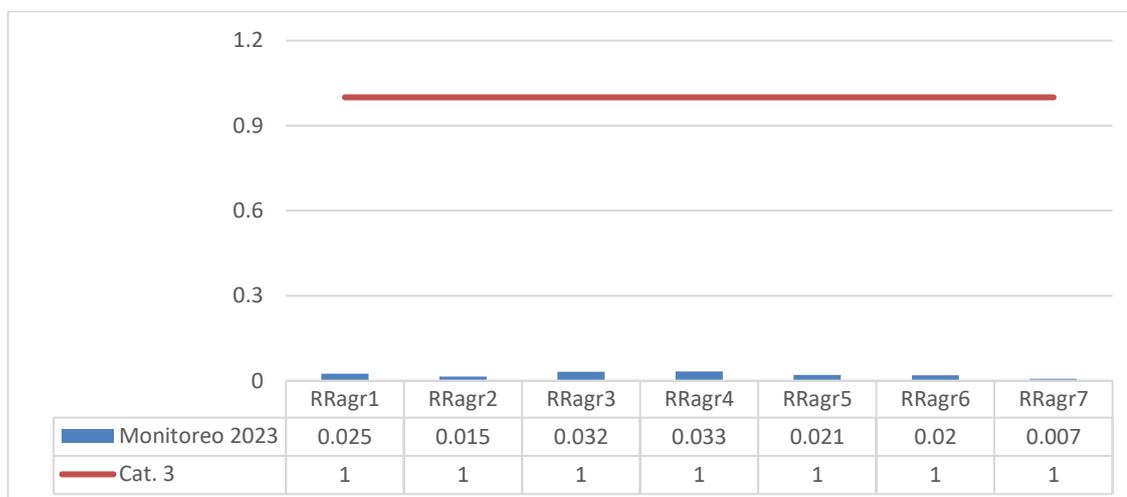
El gráfico de barras anterior, nos muestra que las mediciones realizadas respecto al Arsénico cumplen con las restricciones descritas en el párrafo anterior, no existiendo problemas con este parámetro inorgánico.

C. Boro

El ECA-Agua indican que los valores del Boro no deben superar 1 mg/L en la categoría 3 D-1 y D-2.

Figura 22:

Boro (mg/L) en el río Ragra 2023



Fuente: elaboración propia

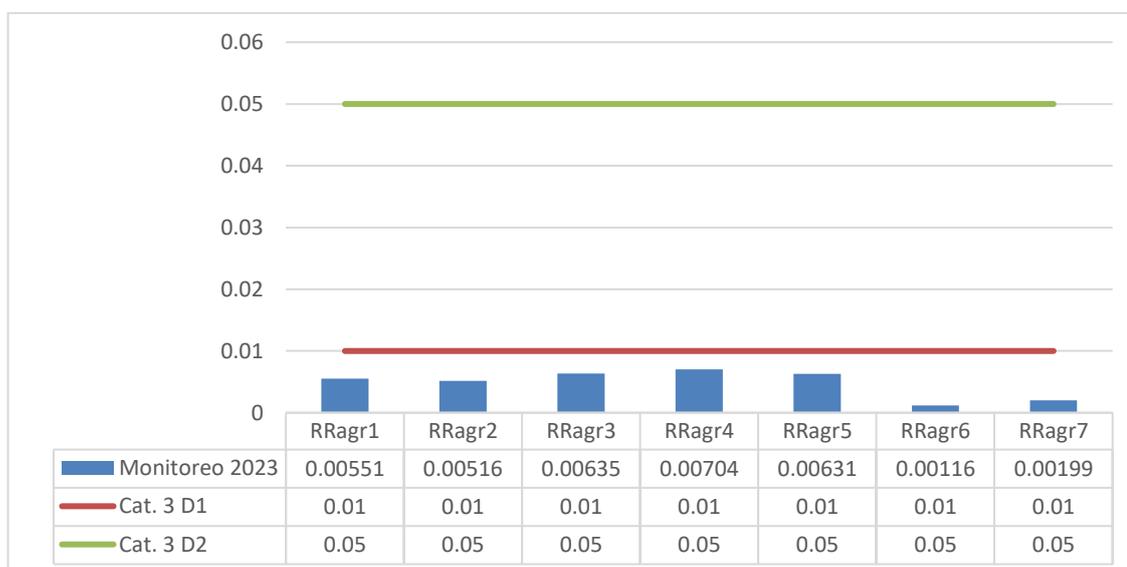
Podemos apreciar que, las mediciones realizadas respecto al Boro cumplen con los niveles estipulados en la normativa relacionadas.

D. Cadmio

Los valores de Cadmio no deben de exceder de los 0.01 mg/L en la categoría 3 D-1 y los 0.05 mg/L en la categoría 2 D-2.

Figura 23:

Cadmio (mg/L) en el río Ragra 2023



Fuente: elaboración propia

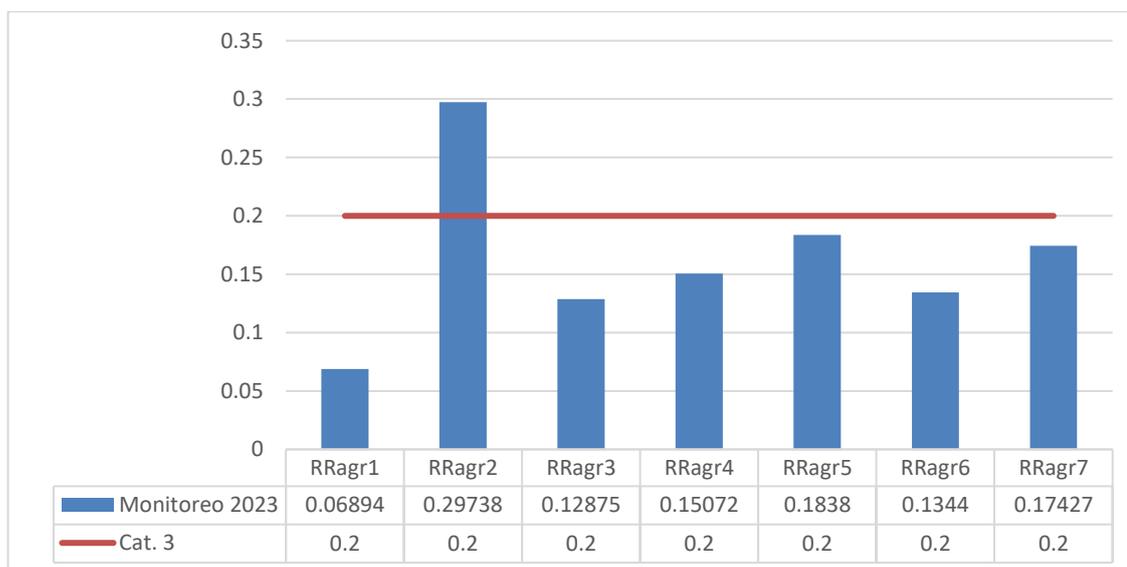
Es apreciable que los valores de Cadmio también se encuentran dentro de lo que estipula la normativa correspondiente a los ECA – Agua.

E. Cobre

Los valores de Cobre no deben de ser mayores a 0.2 mg/L en la categoría 3 de los ECA-Agua.

Figura 24:

Cobre (mg/L) en el río Ragra 2023



Fuente: elaboración propia

Podemos verificar que, solo en el segundo punto de monitoreo se ha sobrepasado el límite aceptable de Cobre en aproximadamente 0.1 mg/L.

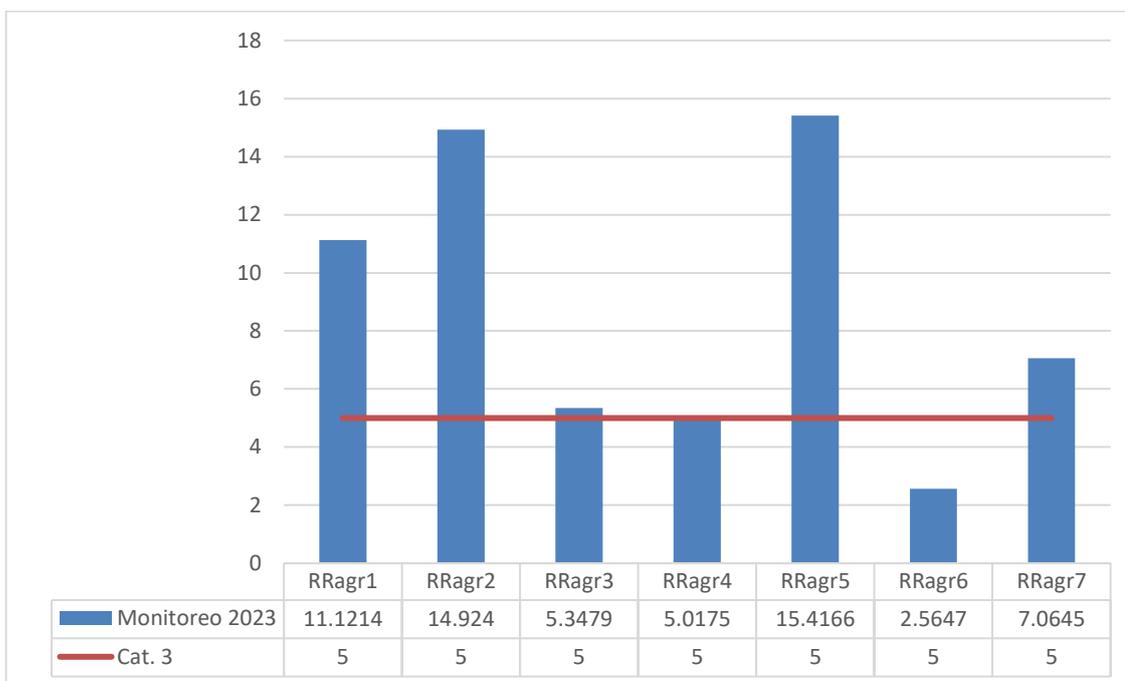
F. Hierro

El ECA-Agua indica que el cuerpo de agua debe tener como máximo 5 mg/L de Hierro en la categoría 3. Con ello, verificamos el comportamiento de este parámetro medido en el monitoreo participativo 2023 y pudiéndose verificar que se han registrado umbrales altos de contenido de Hierro, alcanzando el pico de 14.924 mg/L en el segundo punto de muestreo; sin embargo, en el

penúltimo punto de monitoreo no se ha sobrepasado el estándar con valores que pasan levemente los 2.5 mg/L de Hierro.

Figura 25:

Hierro (mg/L) en el río Ragra 2023

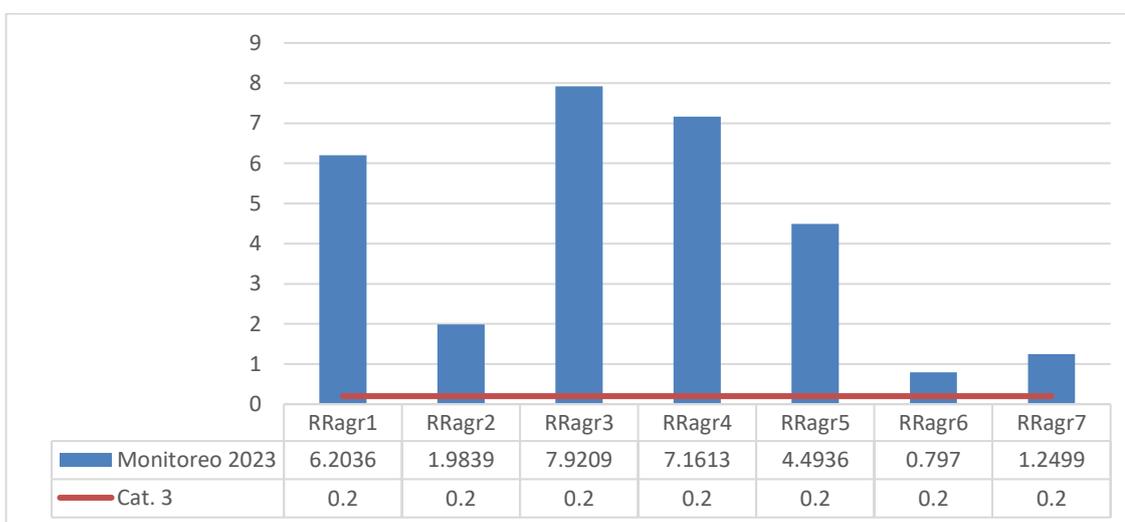


Fuente: elaboración propia.

G. Manganeso

Figura 26:

Manganeso (mg/L) en el río Ragra 2023



Fuente: elaboración propia

Los valores de Manganeseo no deben de exceder los 0.02mg/L en las categorías 3 D-1 y D-2 del ECA-Agua.

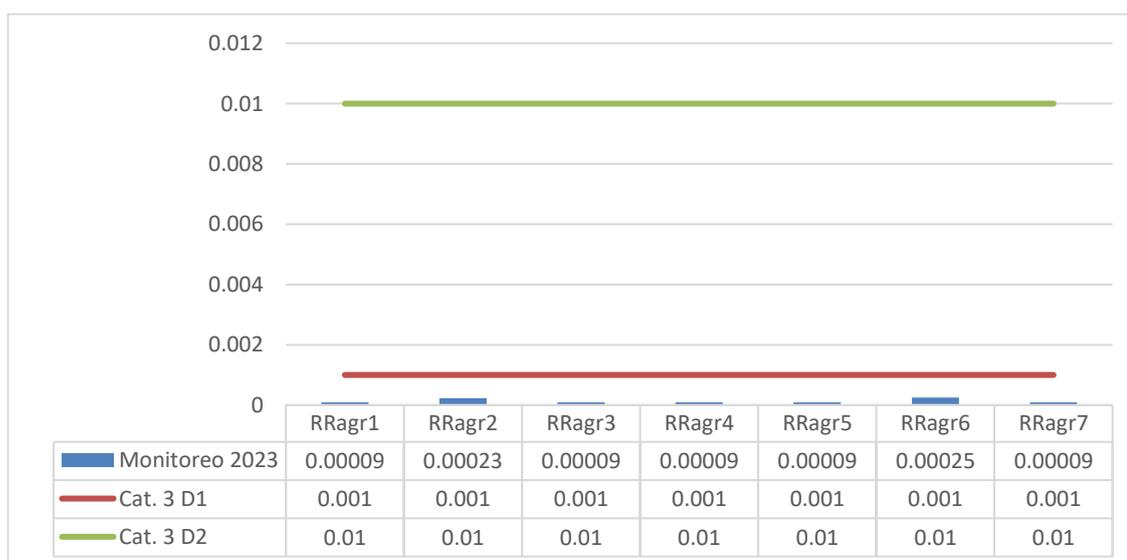
Es apreciable que los valores de Manganeseo superan ampliamente dichos valores, teniendo los picos más altos en los puntos de muestreo 3 y 4 del monitoreo realizado en el año 2023.

H. Mercurio

De acuerdo al ECA-Agua, la categoría 3 D-1 no debe sobrepasar los 0.001 mg/L de Mercurio y en la categoría 3 D-2 no debe sobrepasar de los 0.01 mg/L.

Figura 27:

Mercurio (mg/L) en el río Ragra 2023



Fuente: elaboración propia.

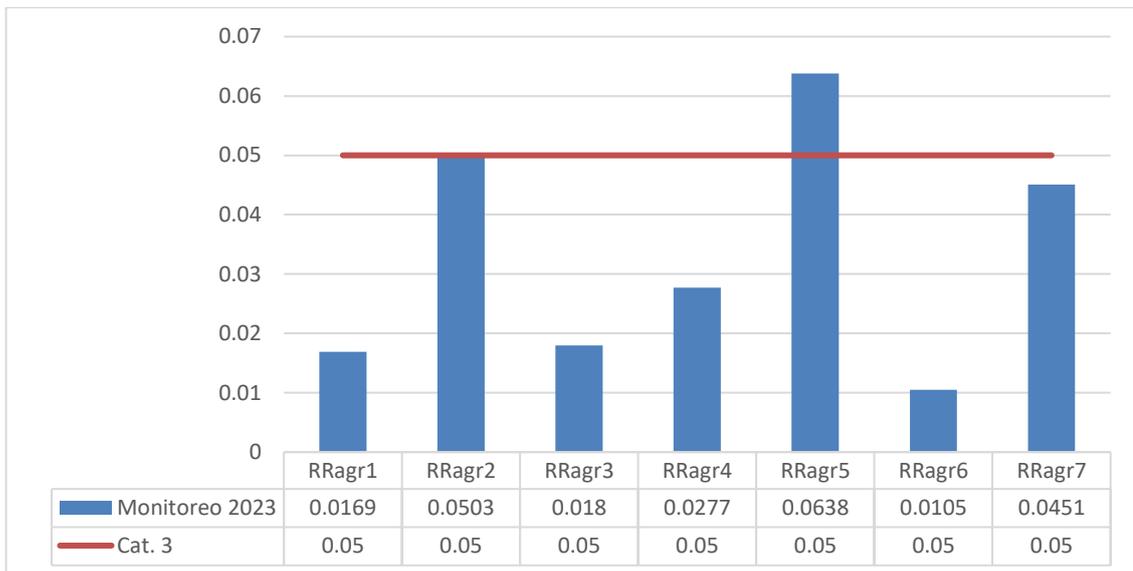
Podemos apreciar que, en ninguno de los monitoreos realizados se sobrepasa dichos valores, teniendo el pico más alto en el punto de muestreo 6.

I. Plomo

La cantidad máxima de Plomo en la categoría 3 del ECA-Agua es de 0.05 mg/L. En la gráfica se observa que solo en el quinto punto de monitoreo no se cumple con el criterio descrito en el párrafo anterior.

Figura 28:

Plomo (mg/L) en el río Ragra 2023

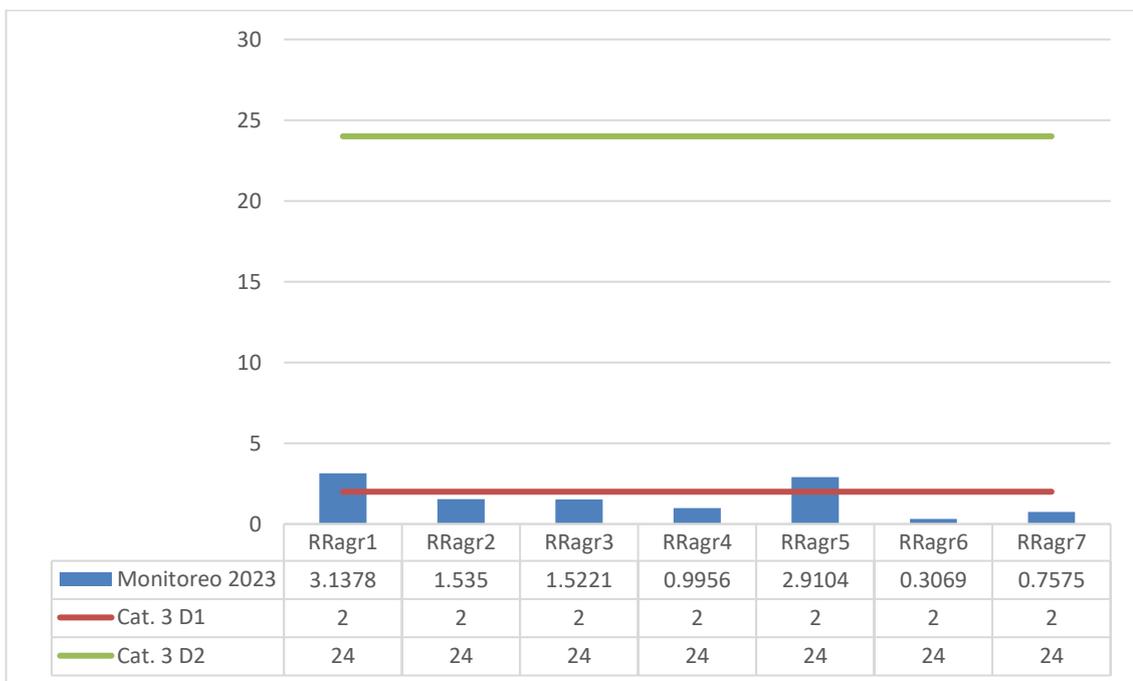


Fuente: elaboración propia.

J. Zinc

Figura 29:

Zinc(mg/L) en el río Ragra 2023



Fuente: elaboración propia.

Los valores máximos de Zinc en las categorías 3 D-1 y 3 D-2 del ECA-Agua son de 2 mg/L y 24 mg/L respectivamente. En ese sentido, veamos la comparación de este parámetro medido y se aprecia que se ha sobrepasado ligeramente los valores estándar para este parámetro en 2 puntos de muestreo para el caso de la sub categoría D1.

4.2.3. Concentraciones de parámetros microbiológicos.

Los resultados de las mediciones del principal parámetro microbiológico que corresponden al monitoreo participativo del 2023 es registrada en la tabla siguiente; sin embargo, en dicho monitoreo, no se realizó mediciones ni conteos de Huevos y larvas helmintos

Tabla 13:

Parámetros microbiológicos del río Ragra 2023

PARAMETROS	UNIDAD	RRagr1	RRagr2	RRagr3	RRagr4	RRagr5	RRagr6	RRagr7
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	3500	35000	1600	79	35000	24000	24000

Nota: Los datos resaltados corresponden a mediciones que sobrepasan el ECA-Agua

Es apreciable que casi en todos los puntos de monitoreo se han sobrepasado ampliamente lo especificado en los ECA-Agua.

A. Coliformes Termotolerantes

El parámetro de Coliformes Termotolerantes tienen valores máximos de 1000 NMP/100ml en las sub categorías de la categoría 3 del ECA-Agua.

Figura 30:

Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) en el río Ragra 2023



Fuente: elaboración propia.

Los resultados de este parámetro, muestran que se ha sobrepasado de manera abismal los 1000 NMP/100 ml que contempla la norma, verificándose que solo en un punto de monitoreo se encuentran en los niveles aceptables.

4.2.4. Cálculo del ICA-PE.

En primera instancia determinaremos los valores del factor 1 y 2 que corresponden alcance y frecuencia del ICA-PE de acuerdo a las fórmulas detalladas en el capítulo II de esta investigación. Cabe recordar que los valores del F_1 y el F_2 son iguales por tener datos de un solo monitoreo.

A continuación, mostramos la determinación de ambos factores por cada punto de monitoreo que se ha detallado en los apartados anteriores de esta investigación.

Tabla 14:Determinación de los factores F_1 y F_2

Punto de Monitoreo	Número de parámetros que no cumplen los ECA-Agua	Número Total de parámetros a evaluar	Alcance (F_1)	Frecuencia (F_2)
RRagr1	4	16	25.00	25.00
RRagr2	6	16	37.50	37.50
RRagr3	4	16	25.00	25.00
RRagr4	3	16	18.75	18.75
RRagr5	5	16	31.25	31.25
RRagr6	3	16	18.75	18.75
RRagr7	4	16	25.00	25.00

Fuente: elaboración propia.

Seguidamente, hallaremos los excedentes por cada punto de monitoreo y su sumatoria entre el número total de parámetros evaluados, que corresponde a la suma normalizada de excedentes (nse); y, utilizando la fórmula respectiva hallamos el factor 3 que corresponde a la amplitud; lo cual detallamos en la siguiente tabla:

Tabla 15:Determinación del factor F_3

Puntos de Monitoreo	DBO₅	pH	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	Coliformes	Nse	Amplitud (F_3)
RRagr1				1.22	30.02		0.57	2.50	2.14	68.20
RRagr2	0.79		0.49	1.98	8.92	0.01		34.00	2.89	74.27
RRagr3		0.01		0.07	38.60			0.60	2.46	71.06
RRagr4		0.05		0.00	34.81				2.18	68.54
RRagr5				2.08	21.47	0.28	0.46	34.00	3.64	78.46
RRagr6	1.36				2.99			23.00	1.71	63.09
RRagr7	1.70			0.41	5.25			23.00	1.90	65.49

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, haciendo uso de la fórmula canadiense también descrita anteriormente, hallaremos el ICA-PE el cual determinará la calificación porcentual del índice de calidad del agua por cada punto de monitoreo.

Tabla 16:

ICA-PE del río Ragra 2023

Puntos de Monitoreo	Alcance (F ₁)	Frecuencia (F ₂)	Amplitud (F ₃)	ICA-PE	
				Valor	Calificación
RRagr1	25.00	25.00	68.20	55.65	Regular
RRagr2	37.50	37.50	74.27	47.31	Regular
RRagr3	25.00	25.00	71.06	54.18	Regular
RRagr4	18.75	18.75	68.54	57.57	Regular
RRagr5	31.25	31.25	78.46	48.01	Regular
RRagr6	18.75	18.75	63.09	60.49	Regular
RRagr7	25.00	25.00	65.49	57.03	Regular

Fuente: elaboración propia.

Como puede apreciarse, los cálculos realizados han determinado que el índice de calidad del agua en todos los puntos de monitoreo del río Ragra califican como regular; el cual tiene la característica de que ocasionalmente son amenazadas o dañadas; sin embargo, su calidad se aleja de los valores deseables por lo que su uso en las actividades del entorno y de acuerdo a su categoría necesitan de un tratamiento previo.

4.3. Prueba de hipótesis

Gran parte de las mediciones realizadas a los parámetros fisicoquímicos en el río Ragra están de acuerdo a los estándares contemplados en el ECA-Agua; por lo tanto, rechazamos la primera hipótesis específica y concluimos que: “Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos del río Ragra durante el 2023 no sobrepasan en su mayoría los ECA-Agua, categoría 3”.

Por otro lado, tenemos el caso de la medición de los parámetros inorgánicos, donde hemos visto que se sobrepasan los valores determinados en el ECA-Agua en los parámetros de Cobre, Hierro, Manganeso, Plomo y Zinc. Por lo tanto, aceptamos la segunda hipótesis específica detallada en: “Las

concentraciones de elementos inorgánicos del río Ragra durante el 2023 sobrepasan los ECA-Agua, categoría 3”.

Por último, respecto a las mediciones de los parámetros microbiológicos, los resultados demuestran que las mediciones de Coliformes Termotolerantes, han sobrepasado los contemplados en la norma. Por lo tanto, se acepta la tercera hipótesis específica: “Las concentraciones de los parámetros microbiológicos del río Ragra durante el 2023 sobrepasan los ECA-Agua, categoría 3”.

Finalmente, y de acuerdo a los resultados descritos y al cálculo del ICA-PE, determinamos que en promedio se tiene una valoración del 54.32% de índice calidad del agua, que califica como regular; por ello, concluimos que se rechaza la Hipótesis general de esta investigación que sugería una calificación menor a la hallada.

4.4. Discusión de resultados

En similar dimensión a los antecedentes, la evaluación de la calidad del agua del río Ragra no cumple con los estándares de calidad de agua determinados en la normativa vigente; tal es así que se ha llegado a comprobar resultados similares con la investigación realizada por Cotrina (2024) y Rojas (2018).

Se tiene resultados similares con La Torre (2023), debido a que se menciona que el pH se encuentra fuera del rango establecido, como también algunos sólidos totales en suspensión se encuentran encima del límite.

Pardavé (2022) hizo mención que la calidad de agua del río Ragra respecto a los metales totales se encuentra por encima de los ECA, al realizar la comparación de esos resultados podemos afirmar que en nuestra investigación estos resultados son parcialmente similares.

Respecto a la investigación realizada por Jiménez (2023), y considerando que el río Ragra descarga sus aguas al río San Juan, también se obtiene resultados similares en lo que respecta a parámetros inorgánicos; al igual que las investigaciones de Chirinos (2022) y Villarreal (2016).

CONCLUSIONES

Con la presente investigación hemos podido arribar a las siguientes conclusiones:

1. El índice de calidad del agua del río Ragra, determinada por la metodología desarrollada por la Autoridad Nacional del Agua (2018), determina que sus aguas califican como regular, debido a que alcanzó puntajes entre 45 y 74% en todos sus puntos monitoreados.
2. Las mediciones realizadas a los parámetros fisicoquímicos del río Ragra durante el 2023 muestran que se está sobrepasando lo normado en los ECA-Agua, principalmente en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y el pH, puesto que en más de dos puntos de monitoreo se ha evidenciado tal hallazgo.
3. Las mediciones a los parámetros de elementos inorgánicos del río Ragra durante el 2023 muestran gran presencia de Hierro y Manganeso, puesto que en todos los puntos de monitoreo de sobrepasa lo estipulado en el ECA-Agua; así mismo, aunque en menor proporción se evidencia presencia de Cobre, Plomo y Zinc en niveles no adecuados a la categorización del cuerpo de agua en estudio.
4. Las mediciones a los parámetros microbiológicos del río Ragra durante el 2023 muestra gran cantidad de Coliformes Termotolerantes que sobrepasan lo estipulado en el ECA-Agua. La posible causa es el vertimiento de aguas residuales doméstica a los cuerpos de agua de la zona en estudio.

RECOMENDACIONES

Al concluir nuestra investigación, nos permitimos realizar las siguientes recomendaciones:

1. Es necesario la realización de los monitoreos de los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos en el río Ragra con mayor frecuencia, a fin de comparar resultados y tomar indicadores de control que permitan mejorar el cumplimiento con la normativa.
2. Las instituciones y autoridades que tienen competencia sobre el río Ragra, deben de controlar y erradicar los vertimientos de aguas residuales domésticas a sus aguas, al mismo tiempo, deben verificar el vertimiento de aguas industriales producto de la actividad minera de la zona circundante.
3. Sensibilizar a la población cercana al río Ragra respecto a los efectos de contaminación al que están expuestos y promover el cuidado de los cuerpos de agua. De la misma manera, promover la participación activa en los monitoreos participativos que se realiza a cargo de las entidades competentes.
4. Nuestra universidad, a través de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Ambiental, debe participar de los monitoreos participativos y fomentar la realización de investigaciones que encaminen la búsqueda de soluciones a esta problemática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALA Pasco. (2013). *Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río San Juan*. Autoridad Local de Agua - Pasco.
- ANA. (2018). *Informe del monitoreo participativo de la calidad del agua superficial en la cuenca del río Mantaro, Junio y Julio del 2018*. Autoridad Nacional Del Agua. Obtenido de http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/20.500.12543/3875/1/ANA0002376_1.pdf
- Arias, J. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación científica* (1ra. ed.). Arequipa, Perú: Enfoques Consulting. Obtenido de www.cienciaysociedad.org
- Autoridad Nacional del Agua. (2019). *Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú*. Perú: Ministerio del Ambiente. Obtenido de Autoridad Nacional del Agua: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/propuesta_metodologia_ica-pe.pdf
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación* (3ra. ed.). México: Grupo Editorial Patria.
- Barrenechea, A. (2004). *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua*. Obtenido de IngenieroAmbiental.com: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Barrero, J. (2022). *Apuntes sobre metodología de la investigación científica* (1ra. ed.). La Paz, Bolivia: Colecciones culturales Editores Impresores.
- Bauer, J., Castro, J., & Chung, B. (2017). Calidad del agua. En C. d. aplicada, *El Agua en el Perú: Situación y Perspectivas*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Obtenido de <https://ciga.pucp.edu.pe/publicaciones/el-agua-en-el-peru-situacion-y-perspectivas/>

CEPAL. (2020). *Estadísticas ambientales y de cambio climático para América Latina y el Caribe*. Obtenido de Comisión Económica para América Latina y El Caribe: <https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=934230&p=6736670>

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, Escuela de Posgrado, Lima. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5236>

Confederación Hidrográfica del Júcar, O.A. (2007). *Plan de Recuperación del Júcar*. Ministerio para la Transformación Ecológica y el reto demográfico. Obtenido de <https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Paginas/PRJ-Indice.aspx>

El Peruano. (10 de Febrero de 2023). Aprueban plan de acción para la recuperación ambiental de la cuenca del río Ragra. Obtenido de <https://www.elperuano.pe/noticia/204245-aprueban-plan-de-accion-para-la-recuperacion-ambiental-de-la-cuenca-del-rio-ragra>

Fondo para la comunicación y la educación ambiental. (2018). *Glosario del Agua*. Obtenido de https://agua.org.mx/wp-content/uploads/filespdf/doc_pdf_8439.pdf

Hernández, I. (2014). La calidad del agua en los ríos de México. *Periódico digital Impluvium*(3), 7 - 13. Obtenido de <http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/impluvium/numero03.pdf>

Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2019). *Metodología de la investigación* (6ta. ed.). México D.F., México: McGraw Hill.

- Huaqui, J. (2022). *Evaluación de la calidad de agua en cumplimiento de los estándares de calidad ambiental del Río Huallaga en la jurisdicción del Alto Huallaga donde influye la actividad minera y poblacional – Provincia de Pasco – 2021*. Tesis de titulación, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Ambiental, Cerro de Pasco. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3228>
- Instituto Geológico y Minero de España. (2017). *Guía de educación ambiental*. Obtenido de Ministerio de Ciencia e Innovación de España: https://aguas.igme.es/igme/educacion_ambiental/guia_didactica/pdf/in_03.pdf
- INTAGRI. (2017). *El Uso de Ácidos para Mejorar la Calidad del Agua de Riego*. Obtenido de Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura de México: <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/el-uso-de-acidos-para-mejorar-la-calidad-del-agua-de-riego>
- Jacha, Z., Lazo, C., Rojas, A., & Celestino, M. (2014). Evaluación de la calidad y el impacto del ambiente acuático del río higueras en la provincia de Huánuco – 2014. *Investigación Valdizana*, 8(1), 23 - 28. Obtenido de <https://revistas.unheval.edu.pe/index.php/riv/article/view/280/267>
- Jiménez, C. (2023). *Evaluación de la calidad de aguas del río San Juan antes de la confluencia con las aguas del Lago Chinchaycocha en cumplimiento de los estándares de calidad ambiental de agua, ubicado en el Distrito de Vicco de la Provincia de Pasco - 2022*. Tesis de titulación, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Ambiental, Cerro de Pasco. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2911>
- La Torre, D. (2023). *Diagnóstico de la contaminación del río Ragra por el mal manejo de drenaje ácido proveniente del depósito de relave en Pasco*. Tesis de maestría,

Universidad Nacional Federico Villarreal, Escuela Universitaria de Posgrado,
Lima. Obtenido de <http://190.12.84.13:8080/handle/20.500.13084/7540>

Labor. (2020). *Condiciones de la calidad ambiental y exposición humana a metales pesados en Cerro de Pasco - Perú*. Perú: Asociación Civil Centro de Cultura Popular Labor. Obtenido de <https://muqui.org/wp-content/uploads/2020/10/Condiciones-de-la-Calidad-Ambiental-y-Exposici%C3%B3n-Humana-a-Metales-Pesados-en-Cerro-de-Pasco.pdf>

Ley N° 29338. (2009). *Ley de Recursos Hídricos*.

Loayza, J., & Cano, P. (2015). *Impacto de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua de la subcuenca del Río Shullcas – Huancayo – Junín*. Tesis de titulación, Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente, Huancayo. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3507>

Mendoza, M. (2018). *Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el centro poblado de Sacsamarca, región Ayacucho, Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado, Lima. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12256>

MINAGRI. (s.f.). *Problemática de las cuencas hidrográficas del Perú*. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego: <https://www.midagri.gob.pe/portal/54-sector-agrario/cuencas-e-hidrografia/374-problematika>

MINAM. (2015). *Estudio de Desempeño Ambiental 2003 - 2013*. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/esda/>

MINAM. (09 de Octubre de 2019). *Estándar de calidad ambiental - Informes y publicaciones*. Obtenido de Ministerio del Ambiente:

<https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/308391-estandar-de-calidad-ambiental>

MINAM. (25 de Febrero de 2023). Visita a puntos críticos de cuenca río Ragra. Cerro de Pasco, Pasco, Perú. Obtenido de <https://www.flickr.com/photos/minamperu/52730278767/in/photostream/>

MMA. (2000). *Libro blanco del agua en España*. Obtenido de Ministerio del Medio Ambiente de España: <https://hispagua.cedex.es/documentacion/documento/66984>

Morán, G., & Alvarado, D. (2010). *Métodos de investigación* (1ra. ed.). México: Pearson Educación.

Moreno, L., Fernández, M., Rubio, J., Calaforra, J., López, J., Beas, J., . . . Gómez, J. (2003). *La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno*. (L. Moreno, Ed.) Obtenido de https://aguas.igme.es/igme/publica/depuracion_aresidual/indice.htm

Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación; Cualitativa - Cuantitativa y Redacción de la tesis* (4ta. ed.). Bogota, Colombia: Ediciones de la U.

Pardavé, M. (2022). *Evaluación de la calidad física y química de aguas que influyen de las actividades de la unidad minera Cerro S.A.C ubicada en los distritos de Simón Bolívar y Yanacancha, provincia de Pasco 2020*. Tesis profesional, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería, Cerro de Pasco. Obtenido de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2434/1/T026_72941574_T.pdf

- Rodríguez, C., Breña, J., & Doris, E. (2021). *Las variables en la metodología de investigación científica* (1ra. ed.). Alicante, España: Editorial Área de Innovación y Desarrollo,S.L. <https://doi.org/10.17993/IngyTec.2021.78>
- Rojas, O. (2018). *Evaluación de parámetros físico-químico y microbiológico del río Ragra afluente del río San Juan, para determinar la categoría de sus aguas – Simón Bolívar – Pasco – 2018*. Tesis de titulación, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Ambiental, Cerro de Pasco. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/529>
- Ruiz, C., & Valenzuela, M. (2022). *Metodología de la investigación* (1ra. ed.). Huancavelica, Perú: Fondo editorial de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo. Obtenido de <https://fondoeditorial.unat.edu.pe>
- Salvioli, L., Guerrero, V., Cipponeri, M., Calco, H., Di Lucente, F., & Paredes, M. (2017). Evaluación de la calidad del agua superficial de una cuenca urbana de la provincia de Buenos Aires. *IV Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/60278>
- Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (4ta. ed.). México: Linusa Noriega Editores.
- Tenesaca, L., & García, M. (2017). *Evaluación de la calidad de agua del sector Leg Abuga y oriente bajo, de la parroquia Bayas del cantón Azogues*. Tesis profesional, Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28174>

- UNDAC. (2019). *Líneas de investigación*. Resolución C.U. N° 0849 - 2019 - UNDAC - C.U. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/13dTY-Pshvz8fq6w1Mx3xCJXAwqX3nVcQ/view>
- Varela, L., & Suárez, T. (2010). *Determinación del perfil del cliente de la Eco Bola en la ciudad de Bogotá*. Tesis de grado, Pontificia Universidad , Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Bogotá.
- Vásquez, C. (25 de Diciembre de 2022). Minam y regiones Pasco y Junín trabajan juntos ante contaminación del río Ragra. *Agencia Peruana de Noticias Andina*. Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-minam-y-regiones-pasco-y-junin-trabajan-juntos-ante-contaminacion-del-rio-ragra-922829.aspx>
- Vera, J., Castaño, R., & Torres, Y. (2018). *Fundamentos de metodología de la investigación científica* (1ra. ed.). Guayaquil, Ecuador: Ediciones Grupo Compás.
- Villarreal, M. (2016). *Calidad de agua del río San Juan, en el departamento de Pasco*. Tesis profesional, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF_17ca44c15c47166507d82893c1115b86/Description
- Vivas, K. (2011). *Análisis y Parámetros Físicos–Químicos en el tratamiento de aguas residuales y potables realizado en el Centro de Investigaciones de Microbiología Aplicadas (CIMA)*. Informe de pasantía, Universidad , Departamento de Química, Valencia. Obtenido de <http://portal.facyt.uc.edu.ve/pasantias/informes/P63170122.pdf>

ANEXOS

Instrumento de recolección de datos



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Ambiental



HOJA DE MONITOREO

Punto de Monitoreo	
Fecha	

Parámetros fisicoquímicos	Medida	Unidad
Aceites y Grasas		mg/L
Conductividad		(μ S/cm)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)		mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)		mg/L
Oxígeno Disuelto		mg/L
pH		Unidad de pH
Temperatura		°C

Parámetros inorgánicos	Medida	Unidad
Aluminio		mg/L
Arsénico		mg/L
Cadmio		mg/L
Hierro		mg/L
Litio		mg/L
Manganeso		mg/L
Mercurio		mg/L
Níquel		mg/L
Plomo		mg/L
Zinc		mg/L

Parámetros microbiológicos	Medida	Unidad
Coliformes Termotolerantes		NMP/100ml
Escherichia coli		NMP/100ml

Validado por: Ing. Miguel Angel Basualdo Bernuy

Matriz de consistencia

Índice de calidad del agua del río Ragra respecto a los parámetros del ECA-Agua, Pasco 2023		
Problemas	Objetivos	Hipótesis
<p>General: ¿Cuál es el índice de la calidad del agua del río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua?</p>	<p>General: Determinar el índice de calidad de agua superficial del río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua.</p>	<p>General: El índice de calidad de agua del río Ragra es menor a 45% durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua.</p>
<p>Específicos: ¿Cuánto es la concentración de los parámetros fisicoquímicos en el río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua?</p>	<p>Específicos: Comparar los parámetros fisicoquímicos del río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua.</p>	<p>Específicos: Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos en el río Ragra durante el 2023 sobrepasan los ECA-Agua, categoría 3.</p>
<p>¿Cuánto es la concentración de los parámetros de elementos inorgánicos en el río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua?</p>	<p>Comparar los parámetros de elementos inorgánicos del río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua.</p>	<p>Las concentraciones de los parámetros de elementos inorgánicos en el río Ragra durante el 2023 sobrepasan los ECA-Agua, categoría 3.</p>
<p>¿Cuánto es la concentración de los parámetros microbiológicos en el río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua?</p>	<p>Comparar los parámetros microbiológicos del río Ragra durante el 2023 respecto a los parámetros del ECA-Agua.</p>	<p>Las concentraciones de los parámetros de elementos microbiológicos en el río Ragra durante el 2023 sobrepasan los ECA-Agua, categoría 3.</p>
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p>		<p>Estándar de calidad ambiental para agua.</p>
<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p>		<p>Índice de calidad de agua</p>