UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SOSTENIBLE

TESIS

ESTANDARES DE CALIDAD DE AGUA Y SU RELACIÓN CON EL CAUDAL ECOLÓGICO EN EL RÍO DE HUAROCONDO, ANTA, CUSCO

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SOSTENIBLE

AUTOR:
Br. NORMA TORRES DELGADO

ASESOR:
Ph. D. WILFREDO CATALÁN BAZÁN
ORCID: 0000-0001-6370-6754

CUSCO – PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Dr. Wilfredo Catalán Bazán, asesor del trabajo de investigación/tesis Titulado : **"ESTANDARES DE CALIDAD DE AGUA Y SU RELACIÓN CON EL CAUDAL ECOLÓGICO EN EL RÍO DE HUAROCONDO, ANTA, CUSCO",** presentado por la Br: Norma Torres Delgado con N°. de DNI: 45721284 para optar el título profesional/grado académico de: Maestro en Cambio Climático y Desarrollo Sostenible. Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por dos veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	----------
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	----------

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera hoja del reporte del Sistema Anti plagio.

Cusco, 29 de junio de 2025

.....

Firma

Post firma: Wilfredo Catalán Bazán

N° de DNI 23849496

ORCID del asesor: 0000-0001-6370-6754

Se adjunta:

1. Reporte generado por el sistema antiplagio.
2. Enlace del reporte generado por el sistema antiplagio: **trn:oid:::27259:469642336**

NORMA TORRES DELGADO

TESIS NORMA TORRES DELGADO - MAESTRIA.pdf

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::27259:487567672

Fecha de entrega
27 ago 2025, 12:48 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
27 ago 2025, 3:12 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
TESIS NORMA TORRES DELGADO - MAESTRIA.pdf

Tamaño del archivo
4.1 MB

138 páginas

23.073 palabras

124.194 caracteres

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Exclusiones

- N.º de fuente excluida
- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

9% Fuentes de Internet
3% Publicaciones
6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA DE POSGRADO

INFORME DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES A TESIS

Dr. TITO LIVIO PAREDES GORDON, Director (e) de la Escuela de Posgrado, nos dirigimos a usted en condición de integrantes del jurado evaluador de la tesis intitulada **ESTANDARES DE CALIDAD DE AGUA Y SU RELACIÓN CON EL CAUDAL ECOLÓGICO EN EL RÍO DE HUAROCONDO, ANTA, CUSCO** de la Br. **Br. NORMA TORRES DELGADO.** Hacemos de su conocimiento que el (la) sustentante ha cumplido con el levantamiento de las observaciones realizadas por el Jurado el día **QUINCE DE AGOSTO DE 2025**.

Es todo cuanto informamos a usted fin de que se prosiga con los trámites para el otorgamiento del grado académico de MAESTRO EN CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

Cusco, 22 AGOSTO DEL 2025

Mg. JOSE ERNESTO BEJAR CENTENO
Primer Replicante

Mg. LUIS JUSTINO LIZARRAGA VALENCIA
Segundo Replicante

Mg. NILTON MARIANO MONTOYA JARA
Primer Dictaminante

Mg. GUIDO VICENTE HUAMAN MIRANDA
Segundo Dictaminante

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente con todo el amor y cariño a Dios, por ser nuestro creador, Por darme vida, salud, sabiduría.

Dedico con todo mi corazón, mi tesis a mis padres por darme la fortaleza, su bendición a diario a lo largo de mi vida, me protege y me lleva por el camino del bien, los amo.

Y para ti hijo mío, Ghael eres mi ángel de la guarda que amo con todo mi corazón, eres mi regalo perfecto que adoro con todo mi ser, por ti doy mi vida.

Norma

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por ser el alma mater que me permitió desarrollar de manera profesional.

A la Escuela de Posgrado y la unidad de la maestría en cambio climático y desarrollo sostenible, en especial a los docentes por sus sabias enseñanzas y consejos durante el proceso de formación académica que me permitió culminar con éxito una de las grandes metas trazadas en mi vida.

A mis amigos y demás familiares que me apoyaron durante todo este proceso y permitir conseguir un logro más.

Norma

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTOS i

RESUMEN vi

ABSTRAC viii

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1. Situación problemática 3

1.2. Formulación del problema 5

1.2.1. Problema general 5

1.2.3. Problemas específicos 5

1.3. Justificación 6

1.4. Objetivos de la investigación 7

1.4.1. Objetivo general 7

1.4.2. Objetivos específicos 7

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO 8

2.1. Bases teóricas 8

2.1.1. Concepto del caudal ecológico 8

2.1.1.1. Enfoques metodológicos para la estimación de caudales ecológicos 9

2.1.2. Métodos de determinación del caudal ecológico 11

2.1.3. Calidad de agua 15

2.1.4. Estándares de Calidad Ambiental para el agua 16

2.1.5. Análisis fisicoquímico para calidad de agua 22

2.1.6. Alteración de la calidad del agua 27
2.1.7. Tipos de contaminación del agua 27
2.1.8. Interrelación entre caudal ecológico y calidad de agua 29
2.1.8.1. Análisis estadístico de la relación entre calidad de agua y caudal 30
2.1.9. Cuenca hidrográfica 31
2.1.9.1. Funciones de las cuencas hidrográficas 32
2.2. Marco conceptual 33
2.3. Antecedentes de investigación 38
2.3.1. Antecedentes Internacionales 38
2.3.2. Antecedentes Nacionales 41
2.3.3. Antecedentes Regionales o Locales 45
2.4. Hipótesis 46
2.4.1. Hipótesis general 46
2.4.2. Hipótesis Específicas 46
2.5. Identificación de variables e indicadores 46
2.6. Operacionalización de variables 47
CAPÍTULO III METODOLOGÍA 48
3.1. Ámbito de estudio 48
3.1.1. Ubicación política 48
3.1.2. Ubicación geográfica 48
3.1.3. Ubicación hidrográfica 48
3.1.4. Ubicación ecológica 48
3.2. Tipo y nivel de investigación 57

3.3. Población y muestra 57
3.4. Técnicas de recolección de información 58
3.4.1. Técnicas de muestreo.....58
3.5. Técnicas de análisis e interpretación de la información 61
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN 63
4.1. Presentación de resultados.....63
4.1.1. Calidad actual del agua en el río Huarocondo según los parámetros fisicoquímicos y biológicos establecidos por la normativa peruana 63
4.1.1.1. Estándares de calidad de agua periodo 2019 63
4.2.1.2. Estándares de calidad de agua periodo 2020 68
4.2.1.3. Variación de los estándares de calidad para agua periodo 2019 - 2020 73
4.1.2. Variación del caudal del río Huarocondo a lo largo del año y periodos críticos para la conservación del caudal ecológico 78
4.1.2.1. Caudal medio mensual punto de muestreo puente río Huarocondo 78
4.1.2.2. Caudal medio mensual punto de muestreo puente río Huat`a 80
4.1.2.3. Caudal medio mensual punto de muestreo encuentro río Vilcanota 81
4.1.2.4. Determinación del caudal ecológico en la cuenca Huarocondo 83
4.1.3. Relación existente entre la calidad del agua y el mantenimiento del caudal ecológico en el río Huarocondo.....85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 89
Conclusiones.....89
Recomendaciones 90
BIBLIOGRAFÍA 91

ANEXO 01: Resultados de análisis y evaluaciones de campo 97

ANEXO 02: Decreto Supremo Nº 004-2017-MINAM 100

ANEXO 03: Caudal Ecológico (Resolución Jefatural N° 267-2019 - ANA).....126

ANEXO 04: Panel Fotográfico.....126

RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “ESTANDARES DE CALIDAD DE AGUA Y SU RELACIÓN CON EL CAUDAL ECOLÓGICO DEL RÍO HUAROCONDO, CUSCO” tuvo por finalidad determinar la relación de los estándares de calidad del agua (análisis físico y químico) con el caudal ecológico de la zona baja del río Huarocondo, Anta, Cusco; así como determinar la variación de los estándares de calidad para el agua del río Huarocondo, determinar la variación del caudal ecológico y la relación entre los estándares de calidad para agua y el caudal ecológico del río Huarocondo, Cusco; considerando como población el flujo de agua de la parte baja del río Huarocondo (puente Huarocondo, puente Huat’a y la desembocadura al río Vilcanota).

Respecto a los resultados, se identificó una variación de los estándares de calidad del agua del río Huarocondo durante los periodos 2019 – 2020. En cuanto a los parámetros de aceites y grasas se encontró 5.65 mg/l en promedio, DB05 5.53 mg/l en promedio, Nitrógeno amoniacal 10.53 mg/l en promedio, Oxígeno disuelto 12.73 mg/l en promedio, pH promedio de 8, Sólidos disueltos totales promedio de 1291.85 mg/l, Sólidos suspendidos totales promedio de 16.29 mg/l, Nitrógeno total promedio de 38.38 mg/l, Fosfatos promedio de 0.04 mg/l, Plomo promedio de 0.01 mg/l y Zinc promedio de 0.85 mg/l. Respecto a la variación del caudal ecológico, el caudal ecológico mínimo estimado en la época de sequía (julio – setiembre) es de 0.19 m3/s y el caudal ecológico máximo estimado fue de 19.84 m3/s en el mes de octubre.

Palabras claves:

Estándares de calidad ambiental, parámetros físico químicos de agua, Caudal medio mensual, Caudal ecológico.

ABSTRAC

The research work entitled "WATER QUALITY STANDARDS AND THEIR RELATIONSHIP WITH THE ECOLOGICAL FLOW OF THE HUAROCONDO RIVER, CUSCO" aimed to determine the relationship between water quality standards and the ecological flow of the Huarocondo River, Anta, Cusco 2018, as well as to determine the variation in quality standards for the water of the Huarocondo River, determine the variation in the ecological flow and the relationship between quality standards for water and the ecological flow of the Huarocondo River, Cusco; The methodology developed was of the descriptive correlational type, of longitudinal cut, considering as population the water flow of the Huarocondo River from its tributary in the upper part of the Querahuayllo stream to its mouth to the Vilcanota River. As a sample, a non-probabilistic sampling was developed that was 0.5 l of water taken at 6 points duly labeled and labeled.

Regarding the results, a variation in the water quality standards of the Huarocondo River was identified during the periods 2019 - 2020. Regarding the parameters of oils and fats, 5.65 mg / l on average, DB05 5.53 mg / l on average, Ammoniacal Nitrogen 10.53 mg / l on average, Dissolved Oxygen 12.73 mg / l on average, average pH of 8, Average total dissolved solids of 1291.85 mg / l, Average total suspended solids of 16.29 mg / l, Average total nitrogen of 38.38 mg / l, Average phosphates of 0.04 mg / l, Average lead of 0.01 mg / l and average zinc of 0.85 mg / l. Regarding the variation in the ecological flow, the estimated minimum ecological flow during the dry season (July - September) is 0.19 m3/s and the estimated maximum ecological flow was 19.84 m3/s in October. Regarding the relationship between water quality standards and the ecological flow of the Huarocondo River, a significant relationship was determined

between the parameter ammoniacal nitrogen and ecological flow with a value of $p = 0.002 < 0.05$ and a negative Pearson r correlation of - 0.489, as well as a significant relationship between the parameter Lead and ecological flow with a value of $p = 0.007 < 0.05$ and a negative Pearson r correlation of - 0.276.

Keywords:

Environmental quality standards, Average monthly flow, Ecological flow.

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es un factor primordial para la salud de los ecosistemas acuáticos y el bienestar de las comunidades que dependen de estos recursos. A nivel mundial, la contaminación ambiental del agua de los ríos se ha convertido en un problema grave en los últimos años, afectando no solo la flora y fauna, sino también a las poblaciones cuya principal fuente de actividades económicas es el recurso hídrico. Ante esta realidad, la gestión sostenible del agua ha cobrado gran importancia, lo que ha llevado al establecimiento de estándares que garantizan la preservación de sus características físico-químicas. Estos estándares buscan asegurar tanto la disponibilidad de agua apta para el consumo humano y las actividades productivas, como la protección de los ecosistemas fluviales y sus funciones esenciales.

Un concepto clave en esta perspectiva es el caudal ecológico, que se refiere al volumen de agua necesario para mantener los procesos ecológicos y la biodiversidad de los sistemas acuáticos. Su determinación es crucial para evitar la degradación de los ríos, especialmente en regiones donde la presión sobre los recursos hídricos es alta debido a la expansión agrícola, urbana o industrial. De esta manera, se reconoce que, más allá de la cantidad de agua disponible, la calidad del recurso es igualmente vital para garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos.

En Perú, el gobierno nacional, a través del MINAM, ha establecido mediante el D.S N°: 004 – 2017 – MINAM los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua. Esta normativa permite realizar evaluaciones y estudios en diversas fuentes hídricas a lo largo del país, destacando los ríos de la costa, sierra y selva peruana.

En el contexto de la cuenca del río Huarocondo, ubicada en la provincia de Anta, Cusco, la evaluación de la calidad del agua y su relación con el caudal ecológico adquiere una importancia especial. Esta región, caracterizada por sus actividades agropecuarias y su crecimiento demográfico, enfrenta desafíos significativos en la gestión de sus recursos hídricos. La posible alteración de los flujos naturales y la contaminación derivada de prácticas agrícolas y domésticas pueden comprometer la integridad del río y, por ende, la provisión de servicios ecosistémicos que benefician tanto a la población local como a la biodiversidad.

El presente estudio tiene como objetivo analizar los estándares de calidad de agua establecidos en la normativa vigente y su correspondencia con el mantenimiento del caudal ecológico en el río Huarocondo. Con ello, se busca contribuir a una gestión integral del agua, fundamentada en la conservación de los ecosistemas y el desarrollo sostenible de la región. Comprender esta relación permitirá identificar posibles desequilibrios y proponer medidas que armonicen el uso del recurso hídrico con la preservación del ambiente acuático, asegurando así la resiliencia de la cuenca ante los desafíos del cambio climático y la presión antrópica.

La autora.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

El agua es un recurso esencial para los ecosistemas y las actividades humanas, siendo el componente más abundante en la Tierra, aunque su escasez es una realidad en muchas partes del planeta. En Perú, contamos con diversas fuentes hídricas como mares, lagos, lagunas, ríos, riachuelos, manantes y bofedales, las cuales son aprovechadas para fines alimenticios, agrícolas, pecuarios, industriales y domésticos. Sin embargo, la contaminación ambiental y los efectos del cambio climático están reduciendo el caudal y afectando la vida acuática de muchas especies.

Ante esta problemática, en 2017 el Ministerio del Ambiente (MINAM), mediante el D.S. N°: 004 – 2017 – MINAM, aprobó los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el Agua. Estos ECA se dividen en cuatro categorías principales, que regulan el uso del agua según su propósito:

- Categoría 1: Usos poblacionales y recreacionales.
- Categoría 2: Extracción de cultivo y otras actividades (marino, costero y continental).
- Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.
- Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subdividida en:
- Subcategoría E1: Lagunas y lagos.

- Subcategoría E2: Ríos (incluyendo ríos de la costa, sierra y selva).

El río Huarocondo, ubicado en la provincia de Anta, Cusco, no es ajeno a estos desafíos. A pesar de su importancia para las comunidades y ecosistemas locales, se ha observado una escasez de estudios integrales que evalúen la calidad del agua y su conexión con el caudal ecológico, es decir, el flujo mínimo necesario para mantener la salud del ecosistema acuático.

Uno de los mayores retos es entender cómo las variaciones en la calidad del agua (reflejadas en parámetros fisicoquímicos y biológicos) se relacionan con los cambios en el caudal del río. La disminución del caudal, causada por factores como la extracción de agua para riego o el cambio climático, podría aumentar la concentración de contaminantes y alterar las condiciones que sostienen la biodiversidad acuática. De igual manera, una calidad de agua deteriorada puede afectar negativamente la capacidad del río para cumplir su función ecológica, dañando especies sensibles y disminuyendo la resiliencia del ecosistema.

Aunque la normativa peruana establece estándares de calidad de agua según su uso (consumo humano, agrícola, recreativo, etc.), su aplicación en el contexto de la preservación del caudal ecológico sigue siendo limitada. En el río Huarocondo, aún no se sabe si la calidad del agua cumple con los estándares establecidos y cómo estos niveles impactan la funcionalidad ecológica del río.

La contaminación ambiental de los ríos es un problema significativo en diversas regiones

de Perú. La falta de conocimiento sobre los niveles de contaminación en los ríos impide generar medidas de mitigación efectivas, como la educación ambiental para los pobladores cercanos.

Por lo tanto, es crucial investigar la relación entre los estándares de calidad del agua y el caudal ecológico en la parte baja del río Huarocondo. Esta investigación permitirá determinar si el agua disponible mantiene las condiciones adecuadas para la preservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. A partir de los resultados, se podrá identificar el estado del recurso hídrico en el distrito y proponer alternativas de mitigación de contaminantes a las autoridades locales. El objetivo final es mantener un caudal ecológico que mejore la salubridad y la calidad de vida de los pobladores del distrito, asegurando que las futuras generaciones también puedan disfrutar de una fuente hídrica saludable y llena de vida. Además, este estudio aportará información valiosa para la gestión sostenible del recurso hídrico en la región.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la relación de los estándares de calidad del agua con el caudal ecológico en el río de Huarocondo, Anta, Cusco?

1.2.3. Problemas específicos

a) ¿Cuál es la calidad actual del agua en el río Huarocondo según los parámetros fisicoquímicos establecidos por la normativa peruana?

b) ¿Cómo varía el caudal del río Huarocondo a lo largo del año y cuáles son los periodos críticos para la conservación del caudal ecológico?

c) ¿Qué relación existe entre la calidad del agua y el mantenimiento del caudal ecológico en el río Huarocondo?

1.3. Justificación

Esta investigación es fundamental para contribuir a la gestión integrada de los recursos hídricos en la microcuenca del río Huarocondo, desde los puntos de vista; económico, social, ambiental y de investigación. En lo social, los resultados proporcionarán herramientas para la toma de decisiones de autoridades locales, comunidades campesinas y organizaciones involucradas en la conservación del medio ambiente, en lo Ambiental, permitirá generar propuestas de manejo sostenible del agua que garanticen la conservación de los ecosistemas acuáticos y el abastecimiento de agua en cantidad y calidad adecuada para las actividades humanas. La calidad del agua es un factor clave para el crecimiento económico (mejora la gestión de la producción agropecuaria y energética) contribuye al trabajo digno para el desarrollo de la población.

Al caracterizar la calidad actual del agua en el río Huarocondo según los parámetros fisicoquímicos establecidos por la normativa peruana, se podrá generar información que permita conocer el estado actual del agua del río Huarocondo de tal forma con ello se pueda comparar en función a los estándares de calidad ambiental establecidos por el MINAM si se encuentran dentro del rango descrito.

Al determinar cómo varía el caudal del río Huarocondo a lo largo del año y cuáles son los periodos críticos para la conservación del caudal ecológico, se podrá conocer el comportamiento del rio Huarocondo en determinados periodos del año lo cual posibilitará tener información sobre la oferta hídrica que existe como fuente de abastecimiento de la población y ecosistema.

Al determinar la relación que existe entre la calidad del agua y el mantenimiento del caudal ecológico en el río Huarocondo, se podrá determinar la existencia de una relación o no de una variable sobre otra y en función a ello proponer alternativas de mejora y/o mitigación, en función a los resultados descritos; el presente estudio aporta a la investigación científica, sirve como base para distintos estudios y a la vez proponer soluciones que puedan ayudar a resolver diferentes problemas.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la relación de los estándares de calidad del agua con el caudal ecológico en el río de Huarocondo, Anta, Cusco.

1.4.2. Objetivos específicos

a) Caracterizar la calidad actual del agua en el río Huarocondo según los parámetros fisicoquímicos establecidos por la normativa peruana.

b) Determinar cómo varía el caudal del río Huarocondo a lo largo del año y cuáles son los periodos críticos para la conservación del caudal ecológico.

c) Determinar la relación existente entre la calidad del agua y el mantenimiento del caudal ecológico en el río Huarocondo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Concepto del caudal ecológico

Definición: El caudal ecológico es un concepto fundamental que hace referencia al volumen mínimo de agua requerido en un curso fluvial para salvaguardar sus valores ecológicos esenciales, incluyendo los hábitats naturales, las funciones ambientales y la preservación del paisaje. **Madroñero y Mafla (2013, p. 61)**

Urmeneta (2013, p. 9), el caudal ecológico es aquel flujo de agua que debe conservarse en un río o en un sector hidrográfico específico, para asegurar que los efectos abióticos (como la disminución del perímetro mojado, la profundidad o la velocidad de la corriente, y el aumento en la concentración de nutrientes) resultantes de una reducción del caudal no alteren las condiciones naturales del cauce. Esto es crucial para evitar que se impida o limite el desarrollo de los componentes bióticos del sistema (flora y fauna), y para que no se vea comprometida la dinámica y las funciones del ecosistema.

Madroñero y Mafla (2013, p. 62) contextualizan el caudal ecológico dentro de un concepto más amplio, el "caudal ambiental". Este último busca garantizar una cantidad de agua suficiente, con parámetros físico-químicos y biológicos mínimos, para mantener regímenes de flujo adecuados que satisfagan a todos los usuarios. Los caudales

ambientales tienen como objetivo preservar el carácter, la extensión y la condición de los hábitats acuáticos y riparios, de manera que sean idóneos para mantener poblaciones bióticas viables y los procesos ecológicos. A su vez, esto asegura los bienes y servicios que la sociedad utiliza y de los que se beneficia.

En esta misma línea, **García (2023, p. 13)** define el caudal ambiental como el volumen de agua que debe permanecer en las fuentes naturales para proteger o conservar los ecosistemas implicados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico o cultural. Los caudales ambientales, en este sentido, describen la cantidad, el momento y la calidad de los flujos de agua dulce y los niveles necesarios para sostener los ecosistemas acuáticos. Esto, a su vez, sustenta los aspectos culturales, económicos, los medios de vida sostenibles y el bienestar humano.

En síntesis, el caudal ecológico es la cantidad de agua que un río necesita mantener a lo largo del año para conservar su ecosistema, permitiendo el desarrollo y la satisfacción de las necesidades de las comunidades y los diversos organismos. Para su cálculo, existen distintos métodos hidrológicos o de modelamiento. Sin embargo, para los propósitos de este estudio, se tomará en cuenta la recomendación establecida por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para la estimación del caudal ecológico en zonas altoandinas.

2.1.1.1. Enfoques metodológicos para la estimación de caudales ecológicos

La determinación del caudal ecológico es crucial para mantener la salud de los ríos. **Ticona (2021)** clasifica los métodos utilizados para esta estimación en cuatro categorías principales, cada una con sus propias características y complejidades:

a. Métodos Hidrológicos

Estos métodos, también conocidos como "de escritorio", se basan en el uso de series históricas de caudal. Son fáciles de aplicar y requieren poco o ningún trabajo de campo, ya que su formulación se fundamenta en datos hidrológicos preexistentes para generar recomendaciones de caudal ambiental.

b. Métodos Hidráulicos

También denominados metodologías de valoración hidráulica, estos enfoques representan una mejora respecto a los métodos hidrológicos. Utilizan las relaciones entre el caudal y las características específicas del cauce, apoyándose en mediciones de campo que son sensibles a las variaciones de caudal propias del río. Sin embargo, su principal limitación es que se centran en las propiedades físicas del cauce, omitiendo las necesidades de la biota (**p. 7**).

c. Métodos de Simulación de Hábitat

Considerados métodos de "tercera generación", su enfoque es más integral. Buscan integrar series históricas de caudal, parámetros morfo-hidráulicos de diferentes secciones del río, procesos físico-químicos e incluso variables biológicas. Los resultados obtenidos con estas metodologías se adaptan mejor a las condiciones particulares de cada cauce, pero su aplicación es más compleja y la recolección de datos requiere períodos más extensos (**p. 7**).

d. Métodos Holísticos

Estas metodologías involucran a paneles de expertos multidisciplinares. Su objetivo es identificar las características esenciales del río que pueden generar un impacto ecológico y, posteriormente, incorporarlas en un régimen de flujo modificado. De esta manera, buscan asegurar el mantenimiento de la biota y la funcionalidad del río (**p. 7**).

2.1.2. Métodos de determinación del caudal ecológico

La selección de un método para determinar el caudal ecológico o la combinación de varios depende de los objetivos del estudio y de la disponibilidad de datos. A continuación, se presentan los métodos más utilizados, con énfasis en las clasificaciones propuestas por diversos autores.

1. Métodos Hidrológicos:

Este grupo, el más simple según **Rincón (2004, p. 26)**, se basa en el análisis de series temporales largas de registros de caudales. El caudal ecológico se establece a partir de operaciones aritméticas o parámetros estadísticos representativos, enfocándose en los estiajes naturales del río. La premisa es que las comunidades biológicas del río han evolucionado adaptándose a las variaciones del régimen de caudales y, por lo tanto, sus ciclos biológicos están adaptados a las fluctuaciones estacionales, tolerando incluso caudales mínimos durante ciertos periodos, pero no por tiempos prolongados a los que no estén adaptados.

Dentro de esta categoría, destacan:

Método Tennant (1976): Este enfoque hidrológico utiliza un porcentaje del caudal medio anual (QMA) para definir el caudal ecológico.

Parámetros clave: El 10% del QMA se considera el mínimo vital para la vida acuática; el 30% del QMA representa un buen hábitat; y entre el 40-60% del QMA se establecen las condiciones óptimas.

Ventaja: Su principal beneficio es la simplicidad y rapidez, ya que se basa en datos históricos de caudal.

Q90 o Percentil 90: También un método hidrológico, define el caudal ecológico como aquel que se excede el 90% del tiempo en la serie de caudales diarios.

Uso: Es muy común en cuencas con caudales variables y se incorpora frecuentemente en normativas ambientales.

Ventaja: Refleja el régimen natural del río y las condiciones de estiaje.

2. Métodos Hidráulicos:

El segundo bloque metodológico para el cálculo de caudales ecológicos, según **Rincón (2004, p. 26)**, se basa en criterios hidráulicos, utilizando la relación entre variables hidráulicas simples y el caudal. Las variables más empleadas son el perímetro mojado y la profundidad máxima.

Métodos Hidrobiológicos (Simulación de Hábitat o PHABSIM)

En este tercer grupo de metodologías, descrito por Rincón **(2004, p. 27)**, se realiza un estudio de diversos parámetros como los morfohidráulicos, fisicoquímicos y tróficos, extrapolándolos a su relación concreta con variables biológicas poblacionales (como biomasa o densidad) de especies piscícolas específicas (frecuentemente la trucha) para determinar sus preferencias de hábitat. Esta metodología se ha extendido globalmente, basándose en el conocimiento de los requerimientos de caudal circulante de ciertas especies o comunidades reófilas y su distribución temporal para evaluar las necesidades de caudal que aseguren el mantenimiento de sus poblaciones.

Principio: Evalúa cómo el hábitat de especies clave varía en función del caudal.

Requiere: Datos de topografía del río, velocidad, profundidad, tipo de sustrato y la identificación de especies indicadoras.

Ventaja: Ofrece mayor precisión en la evaluación del impacto ecológico directo.

3. Métodos Holísticos (Globales)

Los métodos holísticos, o globales, surgieron en la década de los noventa, **Rincón (2004, p. 27)**. Estos enfoques consideran los requerimientos de caudal de todo el ecosistema fluvial para determinar los caudales ecológicos. Este grupo incluye métodos que identifican los caudales necesarios para diversos usos (consumo humano, socioeconómicos, recreativos o de interés científico, entre otros). Su fundamento radica en la suposición de que el régimen hidrológico natural de un río mantiene dinámicamente la biota presente, la geomorfología del canal, los sistemas de ribera, las llanuras de inundación y los humedales, así como los estuarios y otros ecosistemas afectados por el río, incluyendo los mares.

Desafíos en la Aplicación y la Normativa Peruana

Existen más de 200 métodos para evaluar el caudal ecológico (**Eugenio & Ordóñez, 2012**), y fue **Tharme (1999)** quien propuso categorizarlos en los cuatro grupos mencionados: hidrológicos, hidráulicos, hidrobiológicos y holísticos (**Marraco *et al*., 2010**). Cada metodología presenta su propia complejidad, pero la escasa información disponible a menudo limita la aplicación de todos los métodos (**Eugenio & Ordóñez, 2012**).

Mientras los métodos hidrológicos se basan en datos históricos de aforos, los hidráulicos se fundamentan en la morfología del cauce. Los métodos hidrobiológicos simulan hábitats con diferentes regímenes de caudal y emplean especies de estudio, y los métodos holísticos integran procesos biológicos, físicos y químicos para un sistema fluvial completo (**Marraco *et al*., 2010**). Aunque estos métodos pueden determinar el estado de los ríos bajo sus propios parámetros, **Yupa *et al*., (2020)** señalan que los métodos hidráulicos, hidrobiológicos y holísticos requieren una gran cantidad de datos de entrada, lo que limita su uso en la mayoría de las zonas.

Históricamente, en Perú, la emisión de derechos de uso de agua no ha tomado en cuenta el caudal ecológico. El Código de Aguas de 1902 y la Ley General de Aguas (Decreto Legislativo 17752) de 1969 no contemplaron este concepto, generando un vacío de décadas en la cuantificación y el procedimiento para determinar el caudal ecológico. Aunque la Ley de Recursos Hídricos 29338 (ANA, 2009) incorporó por primera vez el concepto de caudal ecológico en 2009 y establece su obligatoriedad, aún lo aborda de

manera superficial, sin especificar la cantidad de agua necesaria para la subsistencia del hábitat. A nivel nacional, existen indicios de incumplimiento del caudal ecológico, lo que subraya la necesidad de fijarlo en los cuerpos de agua de todo el país, ya que la mayoría de los ríos peruanos carecen de esta regulación (**Ley de Recursos Hídricos [LRH], 2009**).

2.1.3. Calidad de agua

La calidad del agua es un aspecto fundamental cuya importancia se extiende a una vasta gama de usos, mucho más allá del simple consumo humano. Como señala **Córdova (2017, p. 5)**, es crucial conocer la calidad del agua para el riego agrícola, su utilización en calderas industriales, la fabricación de productos farmacéuticos, la emisión de licencias ambientales, el diseño de programas de monitoreo ambiental, su adecuación para diversas aplicaciones analíticas en laboratorios, y la regulación y optimización de plantas de tratamiento de agua, entre otras muchas aplicaciones.

El término "calidad del agua" es inherentemente relativo, adquiriendo verdadero significado solo cuando se asocia al uso previsto del recurso. Esto implica que una fuente de agua adecuada para la vida acuática podría no serlo para la natación, y el agua potable para consumo humano podría ser inadecuada para ciertos procesos industriales. En consecuencia, los criterios, estándares y objetivos de calidad del agua varían significativamente dependiendo de su destino final, ya sea para consumo humano (agua potable), uso agrícola o industrial, actividades recreativas, o para mantener la calidad ambiental (**Córdova, 2017, p. 5**).

Loayza y Cano (2015, p. 24) definen la calidad del agua como el conjunto de características que influyen en su adaptabilidad para un uso específico, estableciendo una relación directa entre la calidad del agua y las necesidades del usuario. Además, la calidad del agua puede caracterizarse por su contenido de sólidos y gases, ya sea que se encuentren en suspensión o disolución. Evaluar la calidad del agua es un proceso multifacético que examina sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Este análisis se realiza en relación con la calidad natural del agua, los impactos generados por la actividad humana y los efectos en la salud de los ecosistemas acuáticos.

2.1.4. Estándares de Calidad Ambiental para el agua

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) son medidas cruciales que definen los niveles o rangos aceptables de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, el agua o el suelo. Su propósito fundamental es asegurar que estas condiciones no representen un riesgo significativo para la salud humana ni para el medio ambiente. **Zambrano (2023, p. 26)**, la concentración o extensión de estos parámetros puede expresarse como un valor máximo, un valor mínimo o un rango, dependiendo del elemento específico al que se refieran. En el contexto del agua, los ECA determinan la concentración máxima de sustancias que el recurso puede contener sin afectar su calidad para una aplicación particular. Zambrano detalla que los estándares se organizan en cuatro categorías principales, incluyendo la categoría de población y recreación, que a su vez se subdivide según el uso del agua para la producción de agua potable (tres subcategorías) o para fines recreativos (exposiciones primarias y secundarias).

Izquierdo y Verástegui (2017, p. 20) definen la calidad ambiental como las características cualitativas y/o cuantitativas inherentes al ambiente en general o a un medio específico, y su relación con la capacidad de este para satisfacer las necesidades tanto del ser humano como de los ecosistemas. Esto abarca el estado físico, biológico y ecológico de un área o zona particular de la biosfera, evaluado en relación con su integridad y la salud presente y futura de las personas y de las demás especies animales y vegetales.

Como elementos de salvaguarda para el derecho a un ambiente saludable, los ECA cumplen un fin precautorio. **García (2021, p. 14)** explica que estos buscan prevenir, en toda medida, que una acción cause daño al ambiente, incluso cuando no existe certeza absoluta de que el daño ocurrirá, bastando una simple duda sobre su posible ocurrencia. Además, los ECA tienen un fin de conservación, manifestado en las garantías para mantener un estado óptimo del entorno ambiental, protegiéndolo de cualquier riesgo potencial. Finalmente, su cumplimiento también implica un fin participativo, involucrando a la sociedad civil organizada a través de diversos espacios de participación, como las veedurías ciudadanas.

Marco Legal en Perú

La ley 29338, Ley de Recursos Hídricos, regula no sólo el uso del agua como un recurso, sino también los bienes asociados a él. La ley considera que el agua es parte integrante de los ecosistemas.

El reglamento de la Ley es el Decreto Supremo Nº 001-2010-AG. El Articulo 153 define al caudal ecológico como el flujo de agua “que se debe mantener en las fuentes naturales de agua para la protección o conservación de los ecosistemas involucrados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico o cultural”. Asimismo, el Artículo 155 determina que la metodología del cálculo del Caudal Ecológico será establecida por la Autoridad Nacional del Agua en coordinación con el Ministerio del Ambiente con la participación de las autoridades sectoriales competentes.

Análisis

El cálculo del caudal ecológico se puede realizar mediante: Modelamiento hidrológico distribuido: Cálculo más preciso y más complejo. Toma en cuenta distribución de temperatura y precipitación. Puede predecir impactos de cambio climático y cambio. Puede ser calibrado con valores de la cuenca y subcuencas.

- Modelamiento hidrológico totales: Cálculo más sencillo y rápido, sólo puede ser calibrado sobre una cuenca. No toma en cuenta distribuciones de temperatura y precipitación.

Metodologías aprobadas por los organismos supervisores: Las agencias reguladoras (ANA y MINAM) pueden establecer sus propias metodologías, Este texto fue extraído de los apuntes del Curso de Actualización en Legislación Ambiental de Ada Alegre SAC.

DECRETO SUPREMO Nº – 004-2017-MINAN

APRUEBAN ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA Y ESTABLECEN DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS.

El presidente de la republica considerando que el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida, en la cual decreta.

ARTICULO 1.- La presente norma tiene como objeto cumplir las disposiciones aprobadas mediante el decreto supremo Nº 002 – 2000-MINAN, el decreto supremo Nº 023-2009-MINAN y el decreto supremo Nº 015-2015-MINAN que aprueban los estándares de calidad ambiental para agua quedando sujeto a lo establecido en el presente decreto supremo y el anexo que toma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA y mantiene otros que fueron aprobados por los referidos decretos supremo.

ARTICULO 2.- Aprobación de los estándares de calidad ambiental para aguas, que como anexo forman parte integrante del decreto supremo.

ARTICULO 3.- Categorías de los estándares de calidad ambiental para agua, para la aplicación de los ECA para agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías.

- CATEGORÌA 1.- POBLACIONAL Y RECREACIONAL
- CATEGORÌA 2.- Extracción de cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

- CATEGORÌA 3.- Riego de vegetales y bebida de animales
- CATEGORIA 4.- Conservación del medio acuático, entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de los ecosistemas frágiles. Áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas, FUENTE**: Diario EL PERUANO.**

Tabla 1

ECAs para agua – Categoría 4: Conservación del ambiente acuático (DS Nº 004-2017 MINAM)

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RÍOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					delta 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5		6,8-8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25-100	30,00
INORGÁNICOS						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	—
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	—
Clorofila A	mg/L	10	----	----	----	----
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	Ausente				Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28
INORGÁNICOS						
Nitrógeno Total	mg/L	1,6	1,6		----	—
Níquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081
Silicatos	mg/L	----	----	----	----	0,14-0,7
Sulfuro de Hidrógeno (H2S indisociable)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,081
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	1 000	2 000		1 000	≤30
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	2 000	3 000		2 000	

Fuente: El Peruano (2017)

RESOLUCIÒN JEFATURAL Nº267-2019-ANA

Considerando, que conforme a lo previsto en el articulo 15 numeral 3 de la ley Nº 29338, Ly de recursos hídricos, es función de la Autoridad Nacional del Agua, dictar normas y establecer procedimientos para asegurar la gestión integral y sostenible de los recursos hídricos.

En el reglamento de la Ley de recursos hídricos aprobados por D.S Nº 001-2010-AG en el artículo 153 establece que caudal ecológico es el volumen de agua que debe mantenerse en la fuente natural de agua, para la protección o conservación de los ecosistemas involucrados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico.

ARTÌCULO 1.- Apruébese los lineamientos generales para determinar caudales ecològicos que consta de trece (13) artículos, una (1) disposición complementaria transitoria y dos (2) anexos que forman parte integrante de la presente resolución.

ANEXO 1.- CONTENIDO MÌNIMO DEL ESTUDIO PARA DETERMINAR EL CAUDAL ECOLÒGICO APLICANDO EL MÈTODO HIDROLÒGICO HIDRAULICO

La elaboración del estudio del caudal ecológico debe tener la estructura y contenido mínimo.

1.- Introducción

2.- Localización y descripción del ámbito de estudio

3.- Objetivo

4.- Definición de la Unidad de Análisis

4.1 descripción de la Unidad de Análisis

4.2 Evaluación del régimen hidrológico/hidráulico, en el caso de caudales en cursos de agua u otras fuentes naturales de agua como lagunas y humedales no intervenidos se realizará el análisis de las variaciones hidrológicas respecto a las condiciones actuales del régimen hidrológico.

Para todos los casos se debe describir todos los componentes que caracterizan el régimen hidrológico/ hidráulico del cuerpo natural de agua, que incluirá información de los siguientes indicadores: caudal, frecuencia, duración, velocidad, nivel de agua, entre otros. La información será presentada en varias escalas de tiempo (diario, mensual o interanual), dependiendo de la información base disponible, entre los métodos propuestos están los siguientes.

- Establecimiento de porcentaje. – Sobre la base de registros de caudales medio mensuales históricos y/o generados se adoptará un porcentaje en función de las características del régimen hídrico del cuerpo de agua y su importancia ecológica, tomando como referencia el valor de 15 % de caudal medio mensual comocaudal ecológico.
- Método de perímetro mojado. - asume que existe una relación entre la integridad del hábitat y el área húmeda del hábitat. Sobre la base de registro de caudales medio mensuales históricos y/o generados, FUENTE: **Diario el PERUANO**.

2.1.5. Análisis fisicoquímico para calidad de agua

La evaluación de la calidad del agua es un proceso fundamental, y en Perú, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) ha establecido un protocolo riguroso. De acuerdo con el estudio de la información original del monitoreo de cuerpos de agua superficiales realizado por la ANA, se han identificado medidas periódicas de valoración siguiendo el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Esto permite reconocer posibles alteraciones en el recurso hídrico y el

riesgo potencial para la salud y el medio ambiente. Además, se han determinado las medidas de evaluación para cada ECA-Agua, según la "Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales y Marino Costeros", seleccionados para su análisis mediante los métodos ICA-PE (**ANA, 2009**).

Paredes y Gaibor (2019) profundizan en la naturaleza química del agua, formulada como H_2O, lo que significa que cada molécula de agua está compuesta por dos átomos de hidrógeno unidos covalentemente a un átomo de oxígeno. Fue Henry Cavendish quien, en 1781, descubrió que el agua es una sustancia compuesta. Posteriormente, en 1804, el químico francés Joseph Louis Gay-Lussac y el naturalista alemán Alexander von Humboldt demostraron que el agua se forma a partir de dos volúmenes de hidrógeno por cada volumen de oxígeno.

En condiciones normales de presión y temperatura, el agua se presenta en estado líquido. Su color varía: en pequeñas cantidades, es incolora, aunque espectrográficamente revela un ligero tono azul verdoso. El hielo también tiende al azul, mientras que el vapor de agua es incoloro. La estructura molecular del agua, con el oxígeno presentando una ligera carga negativa y los hidrógenos una ligera carga positiva, genera un fuerte momento dipolar eléctrico. La interacción entre estos dipolos eléctricos explica su elevada tensión superficial (**Paredes y Gaibor, 2019**).

El agua es un disolvente excepcionalmente potente, conocido como el "disolvente universal", capaz de interactuar con una amplia variedad de sustancias. Las sustancias que se mezclan y disuelven bien en agua (como sales, azúcares, ácidos, álcalis y algunos

gases como el oxígeno o el dióxido de carbono) se denominan hidrófilas. Por el contrario, aquellas que no se combinan bien con el agua (como lípidos y grasas) se conocen como hidrófobas. Todos los componentes principales de las células, incluyendo proteínas, ADN y polisacáridos, se disuelven en agua. El agua puede formar una mezcla azeotrópica con muchos otros disolventes y es miscible con numerosos líquidos, como el etanol, en cualquier proporción, formando soluciones homogéneas. Sin embargo, los aceites son inmiscibles con el agua, creando capas de densidad variable en la superficie. Como cualquier gas, el vapor de agua es completamente miscible con el aire. La conductividad eléctrica del agua pura es relativamente baja, pero aumenta significativamente con la disolución de pequeñas cantidades de material iónico, como el cloruro de sodio (**Paredes y Gaibor, 2019**).

Mulato (2021), los análisis de calidad del agua incluyen los siguientes parámetros esenciales:

Temperatura: Es un indicador crucial de la calidad del agua debido a su relación con la solubilidad de gases y otros elementos. A mayor temperatura, aumenta la solubilidad de iones, mientras que una reducción de la temperatura en gases puede diluir el oxígeno presente, afectando la calidad del agua.

pH: Mide la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Un pH de 7 se considera normal. Valores por encima de 7 indican alcalinidad, y por debajo de 7, acidez. Muestras fuera del rango de 6 a 9 son perjudiciales para la vida acuática, ya que las desviaciones del pH neutro pueden causar alteraciones celulares, destruir formas de vida y dañar el

ecosistema. Un ejemplo claro son las aguas residuales de la industria petrolera, que contienen altas concentraciones de productos químicos.

Conductividad Eléctrica: Evalúa la capacidad de una solución para conducir energía eléctrica. Esta capacidad varía en función de la temperatura, la presencia, el nivel de valencia y la concentración de iones.

Sólidos Totales Disueltos (STD): Mide la cantidad de remanentes sólidos que quedan en una muestra después de la evaporación del agua, indicando las sales disueltas. Se aplica comúnmente en terrenos agrícolas afectados por escorrentía (**Mulato, 2021**).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Evalúa el nivel de contaminación orgánica en un cuerpo hídrico. Se determina por la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias para oxidar la materia orgánica en condiciones aeróbicas, produciendo CO_2 y H_2O.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Mide el nivel de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica en una muestra utilizando un oxidante fuerte. A diferencia de la DBO, la DQO no solo mide lo biológicamente oxidable, sino que permite identificar elementos residuales no biodegradables (**Mulato, 2021**).

Oxígeno Disuelto (OD): Indica la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Altos niveles favorecen la vida marina. La concentración de OD está condicionada por el material orgánico disuelto, oxidantes inorgánicos y la temperatura, entre otros factores. Una baja concentración se debe principalmente al exceso de agentes orgánicos por descargas residuales (**Mulato, 2021**).

Aceites y Grasas: Son materiales solubles en solventes específicos. La presencia de aceite, petróleo y otras grasas es muy perjudicial para la vida marina, ya que forman una película en la superficie del agua que reduce la luz solar, disminuye el oxígeno y afecta la fotosíntesis de las plantas acuáticas. Además, pueden generar bolas de alquitrán en playas y riberas (**Mulato, 2021**).

Fenoles: Evalúan la concentración de compuestos fenólicos, derivados del benceno y sus núcleos condensados. Comúnmente encontrados en altas concentraciones en aguas residuales de la industria petrolera, niveles elevados manchan a los peces y afectan irreversiblemente la fauna, flora y vida humana, mientras que niveles bajos pueden emitir olores fuertes que impactan el ecosistema (**Mulato, 2021**).

Amoniaco: Elemento de nitrógeno presente en aguas residuales de refinerías y aguas servidas. Altas concentraciones son tóxicas para la vida acuática y, a nivel superficial, para el consumo humano, ya que consume el oxígeno disuelto en el agua (**Mulato, 2021**).

Sulfuro: Compuesto presente en el agua que se mide como H_2S disuelto. Su medición implica la búsqueda de sulfuros metálicos solubles en ácidos, que suelen aparecer en la materia suspendida y en aguas residuales de refinerías. Altas concentraciones desprenden olores fuertes y son extremadamente tóxicos para los peces.

Metales: Principalmente mercurio, plomo, cromo, cadmio y bario, producidos por el petróleo crudo y las aguas residuales de esta industria.

Turbidez: Fenómeno óptico causado por la absorción de luz y un proceso de fusión que reduce la visibilidad del agua, debido a la presencia de material insoluble en suspensión o dispersión coloidal.

Olores: Producidos por impurezas orgánicas disueltas en el agua, especialmente por concentraciones muy bajas de compuestos volátiles. El plancton también puede causar olores al desprender aceites en algunas aguas superficiales.

Dureza: Se refiere a la alta concentración de minerales en el agua, con especial atención a las sales de magnesio y calcio. Cuando el agua no contiene grandes cantidades de estos elementos, se considera "blanda".

Alcalinidad: También conocida como basicidad del agua, mide su capacidad para neutralizar ácidos. Esta condición se debe a la presencia de sales de ácidos débiles (como fosfato, borato, silicato, carbonatos, bicarbonatos) y ácidos orgánicos resistentes a la oxidación biológica. En aguas naturales, una alta alcalinidad basada en iones hidroxilo, carbonatos y bicarbonatos se usa como referencia para calcular la alcalinidad total (**Mulato, 2021**).

2.1.6. Alteración de la calidad del agua

Las propiedades del agua se alteran con la adición de materiales o energía que afectan, directa o indirectamente, su calidad para usos futuros o su función ecológica. Dado que el agua rara vez se encuentra en estado puro, la contaminación hídrica abarca cualquier organismo vivo, mineral o compuesto cuya concentración impida el uso beneficioso del agua. En Perú, la contaminación del agua es un problema de larga data. El crecimiento demográfico ha transformado ríos, lagos y océanos en vertederos de todo tipo de desechos, incluido el aceite usado. Esto demuestra que el nivel de contaminación ambiental se incrementa con el crecimiento urbano, donde el agua juega un papel crucial en el transporte de estos contaminantes.

Retomando la definición, la contaminación del agua es la acción humana que altera sus cualidades naturales, volviéndola total o parcialmente inservible para el propósito al que está destinada. Las características de la calidad del agua se evalúan según sus aspectos físicos (como temperatura y transparencia), químicos (sales, metales) y microorganismos (**Zambrano, 2023, p. 20**).

2.1.7. Tipos de contaminación del agua

Las fuentes de contaminación que afectan los recursos hídricos pueden categorizarse en dos tipos principales: puntuales y no puntuales (o difusas). Estas categorías modifican las características naturales del agua, a veces debido a fenómenos naturales, pero con mayor frecuencia, el impacto más significativo es de origen antropogénico, es decir, causado por la actividad humana (**Loayza, y Cano, 2015, p. 26**).

a. Contaminación puntual

La contaminación puntual se refiere a aquella que descarga sus aguas directamente en un curso natural desde una fuente específica y claramente identificable, como un tubo o un dique. En este tipo de contaminación, el agua puede ser medida, tratada o controlada en el punto de descarga. Generalmente, está asociada a las actividades industriales y a las aguas residuales municipales (**Loayza, y Cano, 2015, p. 26**).

b. Contaminación difusa

Por otro lado, la contaminación difusa se produce en un área extensa y abierta, sin una fuente específica discernible. Este tipo de contaminación suele estar vinculada a

actividades relacionadas con el uso del suelo, como la agricultura, las urbanizaciones, el pastoreo y las prácticas forestales (**Loayza, y Cano, 2015, p. 26**).

2.1.8. Interrelación entre caudal ecológico y calidad de agua

Efectos Mutuos: Examina cómo el mantenimiento de un caudal ecológico adecuado puede influir positivamente en la calidad del agua y viceversa.

Estudios de Caso: Incluye ejemplos donde la modificación del caudal ha llevado a cambios significativos en la calidad del agua, afectando la biodiversidad y la funcionalidad del ecosistema.

2.1.8.1. Análisis estadístico de la relación entre calidad de agua y caudal

a) Análisis exploratorio de datos

- Promedios, desviación estándar, boxplots: para entender la distribución de los parámetros de calidad de agua (pH, DBO, oxígeno disuelto, turbiedad, etc.).
- Correlaciones iniciales (matriz de Pearson o Spearman): Identificar relaciones preliminares entre caudal y calidad.

b) Análisis de regresión

- Regresión lineal múltiple: Si queremos predecir un parámetro (ejemplo: oxígeno disuelto) en función del caudal y otros parámetros.

$$Y = \beta 0 + \beta 1X1 \text{ (caudal)} + \beta 2X2 \text{ (temperatura)} + ... + \varepsilon$$

- Regresión no lineal (si la relación es más compleja): Útil para parámetros que no sigan una tendencia lineal, como la turbiedad.

c) Análisis de varianza (ANOVA o ANCOVA)

- ANOVA: Para comparar parámetros de calidad entre tramos o periodos de caudales diferentes (alto, medio, bajo).
- ANCOVA: Si queremos controlar otras variables (ejemplo: temperatura).

d) Modelos de series temporales

- Si se cuentan con datos históricos de calidad de agua y caudales, se pueden aplicar modelos como ARIMA o regresión segmentada para detectar cambios a lo largo del tiempo.

2.1.9. Cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica es comúnmente utilizada como la unidad de planificación principal para la gestión de los recursos hídricos. Es importante destacar que las cuencas de los ríos principales suelen estar compuestas por cuencas de menor tamaño, formadas por sus ríos tributarios.

Zambrano (2023, p. 34), una cuenca se define como una depresión o forma geográfica donde el terreno desciende hacia el nivel del mar. Las cuencas hidrológicas son aquellas en las que el agua proveniente del deshielo de montañas fluye a través de estas depresiones hasta desembocar en el mar. Sin embargo, en algunos casos, si la cuenca es

un valle rodeado de montañas, puede que no alcance el nivel del mar, formando entonces un lago o laguna.

Las cuencas hidrológicas se dividen en dos categorías principales:

- Cuencas tributarias: Aquellas que no tienen salida directa al mar, lo que conduce a la formación de sistemas de agua estancada como lagos o lagunas.
- Cuencas de drenaje al mar: Aquellas que sí tienen acceso al mar y, por lo tanto, no están completamente rodeadas por cadenas montañosas.

Ambos tipos de cuencas pueden generar una gran cantidad de afluentes que, finalmente, desembocan en una vía fluvial principal, ya sea un mar, océano, lago o laguna. A medida que estos afluentes se acercan a su destino, pierden la fuerza original que tenían al inicio de su descenso. Las cuencas hidrográficas son vitales tanto para el medio ambiente como para las comunidades humanas.

Por su parte, **Izquierdo y Verástegui (2017, p. 16)** describen una cuenca hidrográfica como una superficie rodeada por montañas que capta o recolecta el agua de lluvia, alimentando así ríos, quebradas y otros cuerpos de agua cercanos. Una cuenca hidrográfica abarca un área específica de la superficie terrestre donde el agua fluye hacia un mismo punto. Además de ser crucial para el equilibrio entre los organismos y el ambiente, provee los recursos necesarios para el ciclo del agua, fundamental para la generación de la lluvia.

2.1.9.1. Funciones de las cuencas hidrográficas

Una cuenca hidrográfica se compone de diversos elementos, incluyendo componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos, cada uno con funciones específicas que contribuyen a su dinámica y valor general. Estas funciones son detalladas por **Arellano *et al*. (2019)**.

Función ambiental:

La función ambiental de una cuenca hidrográfica se manifiesta a través de varias acciones esenciales:

- Actúa como sumidero de CO_2, contribuyendo a la regulación climática.
- Regula la recarga hídrica, asegurando la disponibilidad de agua.
- Conserva la biodiversidad de flora y fauna.
- Mantiene la diversidad de los suelos, fundamental para la salud del ecosistema.

Función ecológica:

La función ecológica de una cuenca hidrográfica, según Arellano, M. et al. (2019), se identifica por las siguientes contribuciones:

- Provee hábitat para la fauna, ofreciendo un entorno necesario para diversas especies animales.
- Provee hábitat para la flora, apoyando la vegetación autóctona.
- Influye directamente en la calidad física y química del agua, impactando la salud del ecosistema acuático.

Función hidrológica: Las acciones que definen la función hidrológica de una cuenca hidrográfica son, **Arellano, *et al*. (2019)**:

- Drena el agua de la precipitación, recogiendo y canalizando el agua de lluvia.
- Recarga las fuentes de agua subterránea, alimentando los acuíferos.
- Recarga las fuentes de agua superficial, manteniendo el nivel de ríos, lagos y otros cuerpos de agua.

Función socioeconómica:

La función socioeconómica de una cuenca hidrográfica, como señalan **Arellano*, et al*. (2019)**, se destaca por las siguientes contribuciones:

- Suministra recursos naturales renovables, como el agua misma, la madera o la biomasa.
- Suministra recursos naturales no renovables, como minerales, si están presentes en la cuenca.
- Provee espacio para el desarrollo social, albergando comunidades y facilitando actividades humanas.
- Provee espacio para el desarrollo cultural, permitiendo la conservación de tradiciones y el patrimonio local.

2.2. Marco conceptual

Agua: El agua es un compuesto químico que se forma cuando dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno se unen mediante enlaces covalentes, dando lugar a la molécula H_2O, la cual es muy estable (**Paredes y Gaibor, 2019**).

Calidad de agua: En términos generales, la calidad del agua se define por sus características químicas, físicas y biológicas, y se establece según el uso al que se destinará (**Paredes y Gaibor, 2019**).

Contaminación del agua: La contaminación del agua puede ser el resultado directo de descargas de aguas residuales o industriales (fuentes puntuales) o, indirectamente, de la contaminación atmosférica o de escorrentías agrícolas o urbanas. Puede tener un origen natural o, más comúnmente, antropogénico. Los contaminantes pueden ser químicos inorgánicos (como iones de metales pesados o desechos metalúrgicos), orgánicos (materia orgánica biodegradable, plásticos, hidrocarburos, aceites, detergentes, fenoles, plaguicidas), físicos (radiactividad, espuma, turbiedad, cambios térmicos) o biológicos (bacterias y otros microorganismos) (**Trevisan *et al*., 2000**).

Límites Máximos Permisibles (LMP): El Límite Máximo Permisible (LMP) del agua es una medida que determina la concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos característicos de un efluente o emisión. Superar estos límites puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2020) y los organismos del Sistema Nacional de Gestión Ambiental son responsables de su determinación, así como de establecer los criterios de supervisión y sanción. Los LMP son herramientas de control y fiscalización para asegurar que las emisiones y efluentes se mantengan dentro de parámetros considerados inofensivos. Excederlos conlleva responsabilidades administrativas, civiles o penales.

Caudal: El caudal, en su definición general, se refiere a la cantidad de fluido que circula por una sección de un conducto (como una tubería, río o canal) por unidad de tiempo. Comúnmente, el caudal se identifica con el flujo volumétrico o el volumen que atraviesa un área específica en un tiempo determinado (**Madroñero y Mafla, 2013**).

Cuenca: La superficie de la cuenca es el factor más significativo que influye en el caudal de un río. En condiciones climáticas y de relieve similares, un río con una cuenca más extensa tenderá a presentar un mayor caudal. Un ejemplo notorio es el río Amazonas, cuya cuenca, con más de 7 millones de km2, es la más grande del mundo y, consecuentemente, la que posee el mayor caudal, aproximadamente 200,000 m3/seg (**Zambrano, 2023**).

Caudal ecológico: El caudal ecológico se define, según el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (LRH), como el volumen de agua que debe conservarse en las fuentes naturales de agua para proteger o preservar los ecosistemas asociados, la belleza paisajística u otros aspectos de valor científico o cultural (**Madroñero y Mafla, 2013**).

Monitoreo y análisis del agua: La toma de muestra es un procedimiento especializado para obtener uno o varios especímenes biológicos con el objetivo de identificar las causas o agentes que afectan la salud (**Paredes y Gaibor, 2019**).

DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno): Este parámetro, que **Weiss (2012)** relaciona con la materia orgánica, calcula la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para descomponer o estabilizar la materia orgánica en condiciones aeróbicas, basándose en el proceso natural de oxidación y degradación.

DQO (Demanda Química de Oxígeno): Es la cantidad de oxígeno (en mg/L) consumida en la oxidación de materia orgánica e inorgánica oxidable bajo condiciones de prueba. Se utiliza para medir el total de contaminantes orgánicos en aguas residuales, y a diferencia de la DBO, la DQO oxida prácticamente todos los compuestos (**Weiss, 2012**).

Efluente: Se refiere a la salida o flujo de agua desde cualquier sistema (como un tanque de oxidación o uno de depuración biológica) que descarga agua como producto de un proceso.

pH: Es un valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado a partir de la concentración de iones de hidrógeno. Se mide en una escala de 0 a 14, donde 7 es neutro, valores por debajo de 7 indican acidez y valores por encima de 7 indican basicidad. En cuerpos de agua no impactados por actividades antropogénicas, el pH se determina por la geografía de la cuenca y se rige por las proporciones de dióxido de carbono, bicarbonato y carbonato. En la mayoría de las aguas, el pH oscila entre 6.4 y 8.4, influenciado por la turbidez y la ventilación (**Weiss, 2012**).

Oxígeno disuelto: Es una medida crucial para evaluar la calidad del agua superficial. Su presencia en el agua se debe a la contribución del gas atmosférico y a la actividad biológica (fotosíntesis) dentro del cuerpo de agua (**Camargo y Mariscal, 2012**). **Dourojeanny y Chavez (2002)** añaden que el oxígeno disuelto es un parámetro ambiental fundamental, ya que su evaluación permite conocer la capacidad de recuperación de una vía de agua y el soporte de la vida acuática.

Aluminio: Aunque es uno de los elementos más abundantes en los suelos, su presencia en aguas naturales es mínima. Dado que el aluminio se encuentra en muchas rocas, minerales y arenas, está presente en la mayoría de las aguas superficiales, aunque sus concentraciones en aguas con un pH cercano al natural rara vez superan unas pocas décimas o 1 mg/L (**Romero, 2017**).

Sólidos Suspendidos Totales: Su presencia en los cuerpos de agua naturales está relacionada con los elementos temporales y los sistemas de caudal, y es afectada por las lluvias. Sus concentraciones varían de una zona a otra, dependiendo de la hidrodinámica del arroyo, el terreno, la cubierta vegetal, el lecho, las rocas y actividades antropogénicas como la agricultura o la minería. Su evaluación es de gran valor para la calidad del agua, ya que afectan la pureza del agua y el paso de la luz y la temperatura, impactando el desarrollo de la fotosíntesis (**Carranza, 2012**).

Nitrógeno Total: Su investigación es de gran importancia como nutriente para la flora. Su contribución a las aguas naturales superficiales se debe principalmente a las aguas residuales domésticas no tratadas. Los vertidos con alto contenido de nitrógeno pueden causar problemas de eutrofización y nitrificación, con la consiguiente acumulación de nitratos y riesgos de contaminación para los usuarios que consumen esas aguas. Además, el nitrógeno es un componente fundamental para el desarrollo de las plantas acuáticas y, al mismo tiempo, genera una demanda de oxígeno porque favorece la oxidación de microorganismos nitrificantes, disminuyendo el nivel de oxígeno disuelto (**Tapia, 2017**).

2.3. Antecedentes de investigación

En el presente trabajo de investigación, se ha realizado la búsqueda de información de investigaciones en las cuales se han estudiado las diferentes variables como son Estándares de calidad ambiental y Caudal ecológico. Para ello, los antecedentes se han conceptualizado de la siguiente forma:

2.3.1. Antecedentes Internacionales

Urmeneta (2013), realizó una investigación con el objetivo de plantear una metodología para el cálculo del caudal ecológico en estuarios. Para lo cual entorno a la metodología, el estudio comenzó con una revisión exhaustiva de la literatura técnica y científica sobre hidrodinámica de estuarios y caudal ecológico. A partir de esta revisión, se definieron cinco etapas clave:

- Identificación del límite del estuario usando un criterio basado en la influencia de la marea.
- Caracterización del ecosistema estuarino, identificando elementos biológicos sensibles y sintetizándolos en un mapa de sensibilidad ambiental.
- Caracterización hidrodinámica del estuario, determinando el alcance y el tiempo de permanencia normal de la cuña salina mediante modelación numérica con el software HEC-RAS.
- Determinación de restricciones para conservar los componentes biológicos sensibles, considerando sus umbrales de resistencia a la salinidad.

- Determinación del caudal mínimo que cumple con las restricciones de concentración de sal y tiempo de permanencia de la cuña salina, también a través de modelación con HEC-RAS. Esta metodología se ejemplificó con una aplicación en el estuario del río Aysén, usando información secundaria.

En cuanto a los resultados y conclusiones de este estudio, se logró determinar de forma preliminar el caudal de agua dulce necesario en el estuario del río Aysén – Chile, para mantener las concentraciones de sal por debajo de los umbrales críticos para los elementos biológicos sensibles identificados.

Consuegra (2013), en Bogotá realizó una investigación con el objetivo de abordar la temática del caudal ecológico, incluyendo su descripción, métodos de cálculo y su aplicación práctica. Para ello la investigación incluyó una descripción de experiencias de cálculo en Colombia y a nivel internacional (Costa Rica, Zimbabue y China), métodos de cálculo y su clasificación bajo cuatro enfoques (hidrológico, hidráulico, hidrobiológico y holístico), detallando sus ventajas y desventajas y procedimientos genéricos para la determinación de caudales ecológicos. Además, se realizó una aplicación práctica de cálculo para la quebrada La Reserva y el río Guayabero en el Área de Manejo Especial de La Macarena (AMEM), Meta, utilizando el método del IDEAM, índices con la Curva de Duración de Caudales (CDC) y el método del perímetro mojado. Respecto a los resultados y conclusiones el autor concluye que los procedimientos aplicados permitieron la selección del caudal ecológico para cinco puntos de cálculo específicos. Finalmente, el estudio consigna recomendaciones sobre

el proceso de determinación del caudal ecológico y las implicaciones de los resultados para el área de estudio.

Diez y Burbano, (2006) realizó una investigación con el objetivo de analizar la problemática de la regulación de caudales, abordar la necesidad de fijar Regímenes de Caudales Ecológicos (RCE) para salvaguardar la integridad ambiental, y proponer un procedimiento para determinarlos en **Colombia**. Para lo cual los autores analizaron la potencialidad de las corrientes fluviales para satisfacer las demandas hídricas. Argumentan que una ordenación eficaz del recurso hídrico debe ser racional y ecosistémica, basada en un RCE que compatibilice los usos del agua con una condición aceptable del ecosistema. Presentaron los métodos para calcular caudales ecológicos y las pautas legislativas colombianas. Para establecer un procedimiento en Colombia, resumieron la metodología IFIM (Instream Flow Incremental Methodology), considerándola aplicable a sistemas fluviales locales, y detallaron sus pautas operativas básicas y un procedimiento para optimizar el balance entre costo y confiabilidad. Referido a los resultados y conclusiones, los autores concluyen que la gestión del agua debe migrar hacia un enfoque que integre la conservación del ecosistema fluvial. El análisis de IFIM y las pautas operativas presentadas buscan establecer un procedimiento práctico y confiable para la determinación de RCE en Colombia, buscando un balance entre las demandas humanas y la salud del río.

Baeza y Vizcaíno, (2008) realizaron una investigación en dos cuencas de **Andalucía – España,** con el objetivo de desarrollar y aplicar tecnologías que integren criterios medioambientales (caudales ecológicos), económicos (coste del agua

suministrada) y de gestión. Para lo cual metodológicamente se enfocaron en la aplicación de tecnologías que permitan esta integración de criterios en la gestión del agua. Los resultados obtenidos demuestran que, al aplicar criterios de eficacia y uso conjunto, es posible mantener caudales ambientales en el primer sistema estudiado. Asimismo, se concluyó que los caudales ambientales propuestos para el segundo sistema serían esenciales para mantener la estructura y composición del ecosistema de la cuenca analizada.

2.3.2. Antecedentes Nacionales

Laura (2019) realizó una investigación con el objetivo de proponer una gestión para la calidad del agua del río Chili – Arequipa, utilizando índices físico-químicos de calidad ambiental, específicamente el Índice de Calidad de Agua del Perú (ICA-PE). Tras revisar los índices disponibles, se optó por la propuesta del ICA-PE, que se basa en el índice canadiense y emplea tres factores: alcance (F1), frecuencia (F2) y amplitud (F3). Se utilizaron datos de monitoreo de calidad del agua y se consideraron los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA), aprobados por D.S. N° 004-2017-MINAM. Se tomaron en cuenta las Categorías 1 (poblacional y recreacional, subcategoría A1 para producción de agua potable) y 3 (riego de vegetales y bebida de animales, subcategoría D1 para riego de vegetales). El análisis se realizó con datos de 15 puntos de monitoreo y ocho evaluaciones entre 2013 y 2017. Como se resultados se obtuvo que para los puntos de monitoreo bajo el ECA 1 A2, se obtuvo una calificación de "Excelente" en los puntos 132RSUMB3 y 132RSUMB4 (río Sumbay), y "Bueno" para 132RCHAL1 y 132RBLAN1. En el grupo correspondiente al ECA 3 D1, los puntos

132QAÑAS1 (Quebrada Añashuayco) y 132RYURA3 (río Yura) recibieron una calificación de "Excelente". Los puntos ubicados en el río Chili (132RCHIL4, 132RCHIL6, 132RCHIL7 y 132RCHIL8), río Siguas (132RSIGU1) y río Quilca (132RQUIL1) obtuvieron una calificación de "Bueno". Los puntos 132RTING1 (río Tingo), 132RVITO2 (río Vitor) y 132RSIGU2 (río Siguas) fueron calificados como "Regular". El autor concluye que la gestión de la calidad del agua del río Chili y la Cuenca Quilca Chili mejora con el uso de herramientas de gestión ambiental, como los índices de calidad ambiental, específicamente el ICA-PE.

Araujo y Sarmiento, (2020) realizaron una investigación con el objetivo de determinar el caudal ecológico en la cuenca del río Rímac - **Lima**. Para ello se aplicaron directamente métodos hidrológicos, hidráulicos y de simulación de hábitat, mientras que otros métodos existentes se analizaron de manera general. El método hidrológico implicó un procedimiento con diversos tratamientos estadísticos de series de caudales naturales representativos (análisis de series temporales, caudales históricos, temperaturas mínimas y máximas, etc.). Para el método hidráulico, se seleccionó un tramo crítico, se realizó una caracterización general de la zona de estudio, un levantamiento topográfico y mediciones hidráulicas (área, profundidad, perímetro mojado, etc.) del caudal en secciones transversales representativas, clasificadas por su sensibilidad biótica.

Como resultados se obtuvo que, para el método hidrológico, los caudales ecológicos obtenidos se ajustaron a la realidad del río Rímac y satisficieron la presión hídrica en diferentes puntos de la cuenca, como Río Blanco, San Mateo, Santa Eulalia y Chosica. Se concluyó que

los métodos hidráulicos y de simulación de hábitat garantizaron un caudal ecológico óptimo aguas abajo de Chosica, siempre y cuando se reduzcan las fuentes de contaminación.

Chuquilín (2017) efectuó una investigación para evaluar la calidad del agua y los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la microcuenca del Río Grande - **Cajamarca**. El estudio evaluó la calidad del agua según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para la categoría 4 en la microcuenca del Río Grande. Se realizaron muestreos de agua en época húmeda y seca, desde febrero hasta agosto de 2015, en dos fases: Fase I (trabajo de campo) y Fase II (gabinete e interpretación de resultados). Se analizaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos disponibles en cinco estaciones de muestreo. En cuanto a los resultados del estudio, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se encontró que el pH en época húmeda y seca estuvo por debajo del límite inferior de los ECA para la categoría 4 en dos puntos (M2 y M22), mientras que en dos muestras (M21 y M17), el pH superó el límite superior. El nitrógeno amoniacal excedió la categoría 4 de los ECA en cuatro puntos (M17, M21, M1 y M22). Respecto a los parámetros microbiológicos, la presencia de coliformes totales excedió los límites establecidos por los ECA en un punto (M17) en época seca. Los enterococos fecales también sobrepasaron los ECA en la estación M17 en época seca, y no se detectaron valores de DBO5 en la época húmeda.

Mendoza (2022) realizó un estudio con el objetivo de evaluar la influencia de la actividad acuícola en la calidad ambiental del agua mediante la determinación de la carga orgánica total. La investigación se realizó en el distrito de Moyobamba - **Tarapoto**, considerando una población y muestra de ocho unidades productivas

acuícolas durante un periodo de ocho meses. El diseño de investigación fue no experimental y correlacional simple. Se tomaron muestras de los efluentes y del cuerpo receptor después de la zona de mezcla, siguiendo el protocolo de monitoreo de aguas. Las zonas de mezcla se determinaron con un modelo matemático de la Autoridad Nacional del Agua. Para evaluar la influencia, los resultados se compararon con los límites máximos permisibles (LMP) y los Estándares de Calidad para Agua (ECA).

Los resultados de este estudio muestran que las granjas acuícolas estudiadas concentran contaminantes orgánicos. Las concentraciones promedio de DBO5 oscilaron entre 16.23 y 6.41 mg/L, DQO entre 84.69 y 44.23 mg/L, y COT entre 14.91 y 5.84 mg/L. Si bien estas concentraciones no exceden los LMP, sí representan un aporte contaminante significativo a los cuerpos de agua. Las quebradas Rumiyacu y Asnayacu mostraron las mayores y menores longitudes de zonas de mezcla. En todos los cuerpos de agua, las concentraciones determinadas excedieron los Estándares de Calidad para Agua de la categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales). Con un nivel de confianza del 99%, se determinó que los niveles de parámetros de carga orgánica total del efluente influyen en los niveles de carga orgánica total del cuerpo receptor; por lo cual se concluyó que las actividades acuícolas influyen en la calidad ambiental del agua debido al aporte de carga orgánica.

Chávez y Palomino, (2022) En el caserío Cumbe, Chontabamba – Cajamarca se desarrollaron una investigación con el objetivo de realizar una caracterización hidrogeológica para categorizar las fuentes de agua según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). La caracterización se llevó a cabo mediante un análisis físico-químico

y microbiológico, evaluando la evolución de parámetros como caudal, potencial de hidrógeno (pH), temperatura, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos. Los resultados obtuvieron un caudal máximo de 3.3 L/S entre las estaciones. Las temperaturas variaron desde 28 °C (agua termal) hasta 13 °C (aguas templadas), representando los rangos máximos y mínimos, el pH osciló entre 6.5 y 8.5 (ligeramente ácido a básico), la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos se encontraron dentro de los parámetros mínimos establecidos y la litología y el control estructural revelaron un ambiente calcáreo y un anticlinal que influyeron en la calidad y el flujo del agua. Se concluyó que las estaciones El Aliso (CEA) y Ojo de Agua (COA) se clasificaron dentro de la Categoría 1, subcategoría A (aguas aptas para consumo humano), sin sobrepasar los límites mínimos establecidos en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM (ECA para agua). Sin embargo, la estación Baño Macho (BMEst01) no cumplió con estos estándares. Se caracterizó a las aguas como de tipo bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas de flujo local dentro de un ambiente de rocas carbonatadas.

2.3.3. Antecedentes Regionales o Locales

A nivel regional y local en Quillabamba, Cusco, Perú, no se han encontrado investigaciones previas, ni tesis de pregrado o posgrado, que aborden temas similares o utilicen las variables propuestas en este estudio.

Sin embargo, los trabajos de investigación previamente citados son de gran relevancia. Sus dimensiones, metodologías y principales resultados y conclusiones han servido como base fundamental para el diseño y la ejecución de la presente investigación.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

a) La calidad del agua en el río Huarocondo está directamente relacionada con el caudal ecológico, de manera que una reducción significativa en la caudal afecta negativamente los parámetros fisicoquímicos del agua, comprometiendo los estándares de calidad establecidos.

2.4.2. Hipótesis Específicas

a) Los parámetros fisicoquímicos establecidos por la normativa peruana no presentan diferencias según el caudal del río.

b) El caudal del río Huarocondo varía a lo largo de los meses del año teniendo periodos críticos de sequía.

c) La calidad de agua se relaciona de manera directa con el caudal ecológico del río Huarocondo a nivel de los diferentes parámetros fisicoquímicos.

2.5. Identificación de variables e indicadores

- Variable independiente: Estándares de calidad del agua
- Variable dependiente: Caudal ecológico del río Huarocondo

- Variables intervinientes de control: Temperatura ambiental, precipitación, actividades antrópicas (agricultura, descarga de aguas residuales), vegetación rivereña

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 2

Operacionalización de las variables

Variables	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Escala
Estándares de calidad del agua	Es una métrica que establece los rangos o niveles aceptables de elementos físicos, químicos y biológicos en el agua, asegurando que su condición o la del suelo receptor no represente un riesgo considerable para la salud humana o el medio ambiente (**Zambrano, 2023**).	• Físicos y químicos	• Aceites y grasas • Demanda Bioquímica de Oxígeno • Nitrógeno amoniacal • Oxígeno disuelto • pH • Sólidos disueltos totales • Sólidos suspendidos	• (mg/l) • (mg/l) • (mg/l) • (mg/l) • pH • (mg/l) • (mg/l)
		• Inorgánicos	• Nitrógeno total • Fosfatos • Plomo • Zinc	• (mg/l) • (mg/l) • (mg/l) • (mg/l)
Caudal ecológico del río Huarocondo	Es la cantidad necesaria para preservar un cierto volumen de agua que asegure tanto una cantidad adecuada del recurso como sus parámetros físico-químicos y biológicos esenciales. Esto permite mantener flujos hídricos apropiados que satisfagan las necesidades de los usuarios (**Madroñero y Mafla, 2013**).	• Caudal medio mensual	• Profundidad media (m) • Ancho (m) • Tiempo (s) • Largo (m)	• (m) • (m) • (s) • (m)
		• Caudal ecológico	• Caudal medio mensual	• (m^3/s)

Fuente: *Elaborado en base al registro de campo.*

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Ámbito de estudio

3.1.1. Ubicación política

- **Región**: Cusco
- **Provincia**: Anta
- **Distrito**: Huarocondo

3.1.2. Ubicación geográfica

- **Altitud**: 3353 m
- **Latitud**: 13° 24′ 47″S
- **Longitud:** 72° 12′ 31″O

3.1.3. Ubicación hidrográfica

- **Vertiente**: Atlántico
- **Cuenca**: Vilcanota
- **Micro cuenca:** Huarocondo

3.1.4. Ubicación ecológica

- **Clima**: El clima de Huarocondo es frio seco.
- **Temperatura**: Temperatura media anual: 15 °C
- **Precipitación:** Precipitación anual promedio es de 1100 mm/año.
- **Zona de vida:** Bosque húmedo montano subtropical (BH – ms)

Figura 1

Mapa del distrito de Huarocondo

Fuente: Google Maps (2022)

Características fisiográficas:

El río Huarocondo, que da nombre a su cuenca, es un afluente del río Urubamba y representa el curso de agua más importante de su microcuenca. Este río y atraviesa diversas altitudes, desde los 2,850m en su punto de unión con el río Vilcanota, nace en las alturas de la quebrada Querahuayllo, Cachimayo - Cusco hasta los 3914 m.s.n.m, que es la altitud máxima de la cuenca. Con una longitud de 44.91 kilómetros, el río Huarocondo tiene una pendiente promedio de 2.7% desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Vilcanota, los principales afluentes son; la quebrada de Suriray, Pitumayo y sambor. **INRENA – Intendencia de Recursos Hídricos – ATDR-Cusco, pag. 40.**

Características ecológicas:

Por la propia ubicación, presenta un clima frio seco, con una temperatura media anual promedio de 15 °C; reporta una precipitación anual promedio es de 1100 mm/año y pertenece a la zona de vida de un bosque húmedo montano subtropical (BH – ms).

Accesibilidad:

Para llegar a la cuenca Huarocondo se tiene que realizar un recorrido por vía terrestre (vía nacional) hasta la comunidad de Huarocondo. De ahí se realiza un recorrido por trocha hasta llegar al río Huarocondo. Para efectuar el recorrido desde la naciente hasta su confluencia al río Vilcanota se realiza un recorrido a pie con una longitud aproximada de 67.2 Km.

Límites:

Los límites de la cuenca Huarocondo son:

Por el norte: distrito de Ollantaytambo

Por el sur: distrito de Anta

Por el este: distritos de Chinchero y Maras

Por el oeste: distritos de Zurite y Ancahuasi

ZONA DE VIDA: El presente estudio realizado se ubica entre las zonas de vida; para la parte alta, bosque húmedo - montano y en la parte baja, bosque seco- montano bajo, se ha utilizado los datos de las estaciones meteorológicas de la provincia de Urubamba y de la provincia de Anta, las más cercanas al distrito de Huarocondo.

DETERMINACIÒN DE LA ZONA DE VIDA

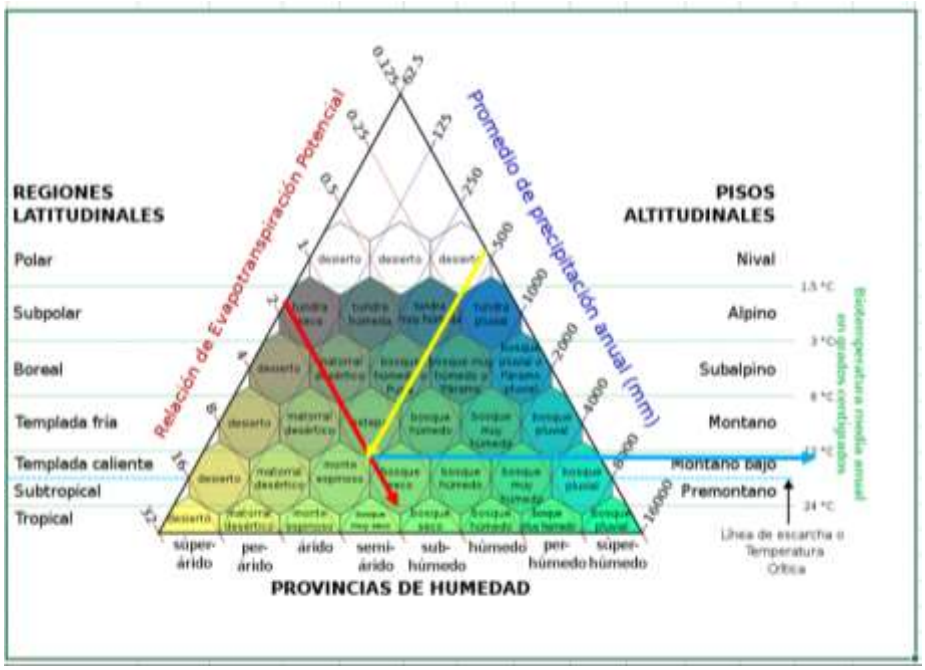
Region:	CUSCO	**Latitud:**	13°18' S
Provincia:	URUBAMBA	**Longitud:**	72°7? W
Distrito:	URUBAMBA	**Altitud:**	2863 m
Localidad:	URUBAMBA		

RUBRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
T° MEDIA °C	14	14	14	13.9	13.6	13.4	13.3	13.8	14.2	14.6	14.8	14.3	13.964
BIO T° M < A 6°C													
BIO T° M > A 24°C													
BIO T° MEDIA °C	14	14	14	13.9	13.6	13.4	13.3	13.8	14.2	14.6	14.8	14.3	13.964
PRECIPITA. (mm)	90.9	77.5	65.6	26.3	6.5	5	5.7	7.3	10.6	29.9	48.2	75.8	449.3

	MESES DEL AÑO 2021												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
BIOTEMPERATURA	14	14	14	13.9	13.6	13.4	13.3	13.8	14.2	14.6	14.8	14.3	13.964
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL	70	63.84	70	67.276	68	64.86	66.5	69	68.728	73	71.63	71.5	822.88 824.33

VALORES PARA EL DIAGRAMA				
BIOTEMPERATURA MEDIA ANUAL(°C)	=	13.96		
PRECIPITACION ANUAL(mm)	=	449.3	Ept	823.6045455
TEMPERATURA A NIVEL DEL MAR EN ESE SITIO	=		Rel Ept	1.831464703

DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACIÒN MUNDIAL DE ZONAS DE VIDA HOLDRIGE



DETERMINACIÒN DE LA ZONA DE VIDA

Region:	CUSCO	**Latitud:**	13°28' S
Provincia:	ANTA	**Longitud:**	72° 9' W
Distrito:	ANTA	**Altitud:**	3435 m
Localidad:	ANTA		

RUBRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
T° MEDIA °C	12	12	12	12	11	10	9	10	11	12	13	12	11.273
BIO T° M < A 6°C													
BIO T° M > A 24°C													
BIO T° MEDIA °C	12	12	12	12	11	10	9	10	11	12	13	12	11.273
PRECIPITA. (mm)	165	144	132	47.2	7.1	5.5	6.9	8.6	18.5	58.9	91.8	132.8	818.3

	MESES DEL AÑO 2021												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
BIOTEMPERATURA	12	12	12	12	11	10	9	10	11	12	13	12	11.273
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL	60	54.72	60	58.08	55	48.4	45	50	53.24	60	62.92	60	664.3 667.36

VALORES PARA EL DIAGRAMA

BIOTEMPERATURA MEDIA ANUAL(°C)	=	11.27		
PRECIPITACION ANUAL(mm)	=	818.3	Ept	665.8309091
TEMPERATURA A NIVEL DEL MAR EN ESE SITIO	=		Rel Ept	0.811807183

DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACIÒN MUNDIAL DE ZONAS DE VIDA HOLDRIGE

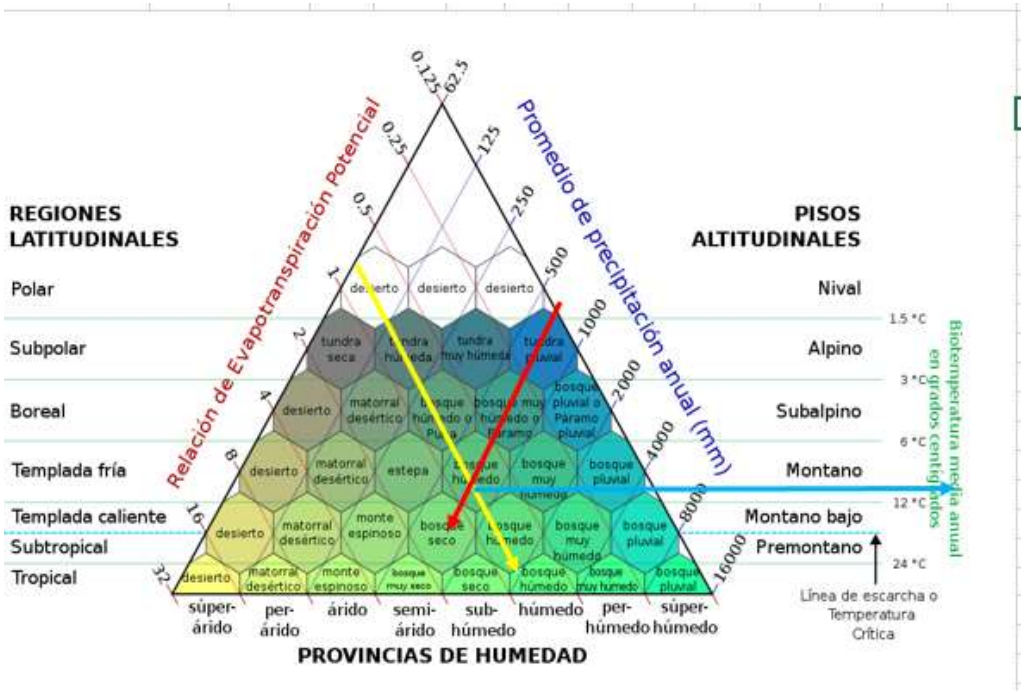
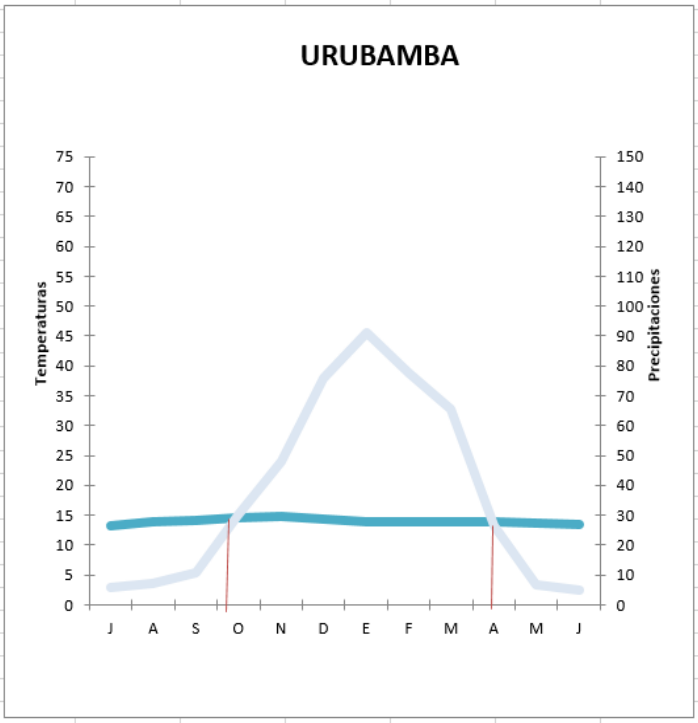


DIAGRAMA CLIMÀTICO – ESTACIÒN METEOROLOGICA URUBAMBA

	Estación	URUBAMBA		
	Temperatura	recipitaciones		
J	13.3	5.7	9	4
A	13.8	7.3	10	12
S	14.2	10.6	11	18
O	14.6	29.9	13	32
N	14.8	48.2	13	54
D	14.3	75.8	14	86
E	14	90.9	13	110
F	14	77.5	13	124
M	14	65.6	14	98
A	13.9	26.3	12	56
M	13.6	6.5	10	11
J	13.4	5	8	3

Temperatura media:	13.99
Total precipitaciones:	449.3

Índices de aridez:		
Martonne:		18.73
	Más de 20: no áridos	
	Entre 5 y 20: áridos	
	Menos de 5: muy áridos	
Dantín-Revenga:		3.11
	Menos de 2: húmeda	
	Entre 2 y tres: semiárida	
	Entre 3 y 6: árida	
	Más de 6: subdesértica	
Gaussen:		
Mes seco cuando precipitaciones son menos que el doble de las temperaturas		



Periodo seco.- Cuando la temperatura en mayor que la precipitacion
Periodo moderadamente Humedo.- Cuando la precipitacion es menor a los 100 mm de precipitacion a 100 mm de precipitacion
Periodo muy humedo.- Cuando la precipitacion es mayor a 100 mm

10 de abril al 10 de octubre se presenta un periodo seco
11 de octubre al 9 de abril un periodo moderadamente humedo

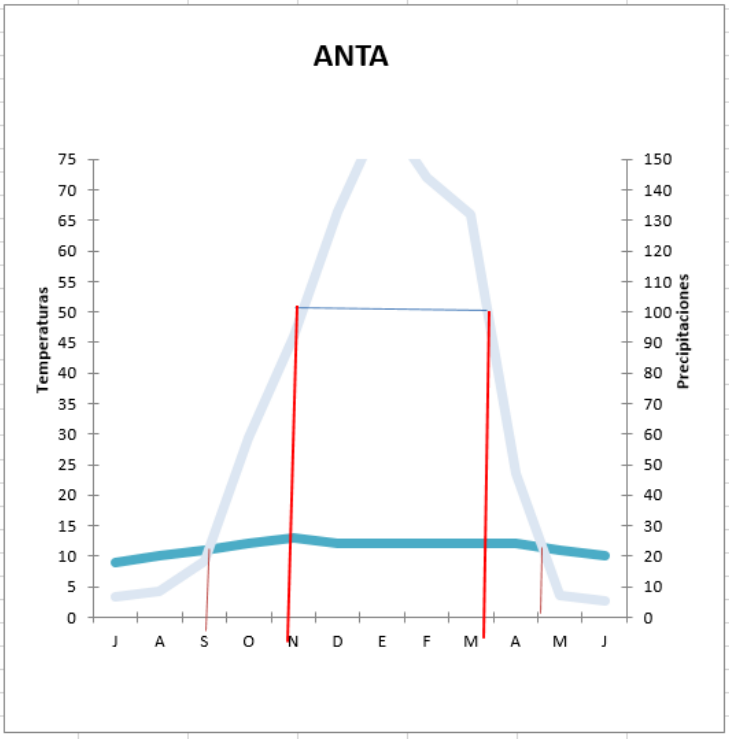
No hay un periodo exesivamente humedo

DIAGRAMA CLIMÀTICO – ESTACIÒN METEOROLOGICA ANTA

	Estación	ANTA		
	Temperatura	recipitaciones		
J	9	6.9	9	4
A	10	8.6	10	12
S	11	18.5	11	18
O	12	58.9	13	32
N	13	91.8	13	54
D	12	132.8	14	86
E	12	165	13	110
F	12	144	13	124
M	12	132	14	98
A	12	47.2	12	56
M	11	7.1	10	11
J	10	5.5	8	3

Temperatura media:	11.33
Total precipitaciones:	818.3

Índices de aridez:		
Martonne:		38.36
	Más de 20: no áridos	
	Entre 5 y 20: áridos	
	Menos de 5: muy áridos	
Dantín-Revenga:		1.38
	Menos de 2: húmeda	
	Entre 2 y tres: semiárida	
	Entre 3 y 6: árida	
	Más de 6: subdesértica	
Gaussen:		
Mes seco cuando precipitaciones son menos que el doble de las temperaturas		



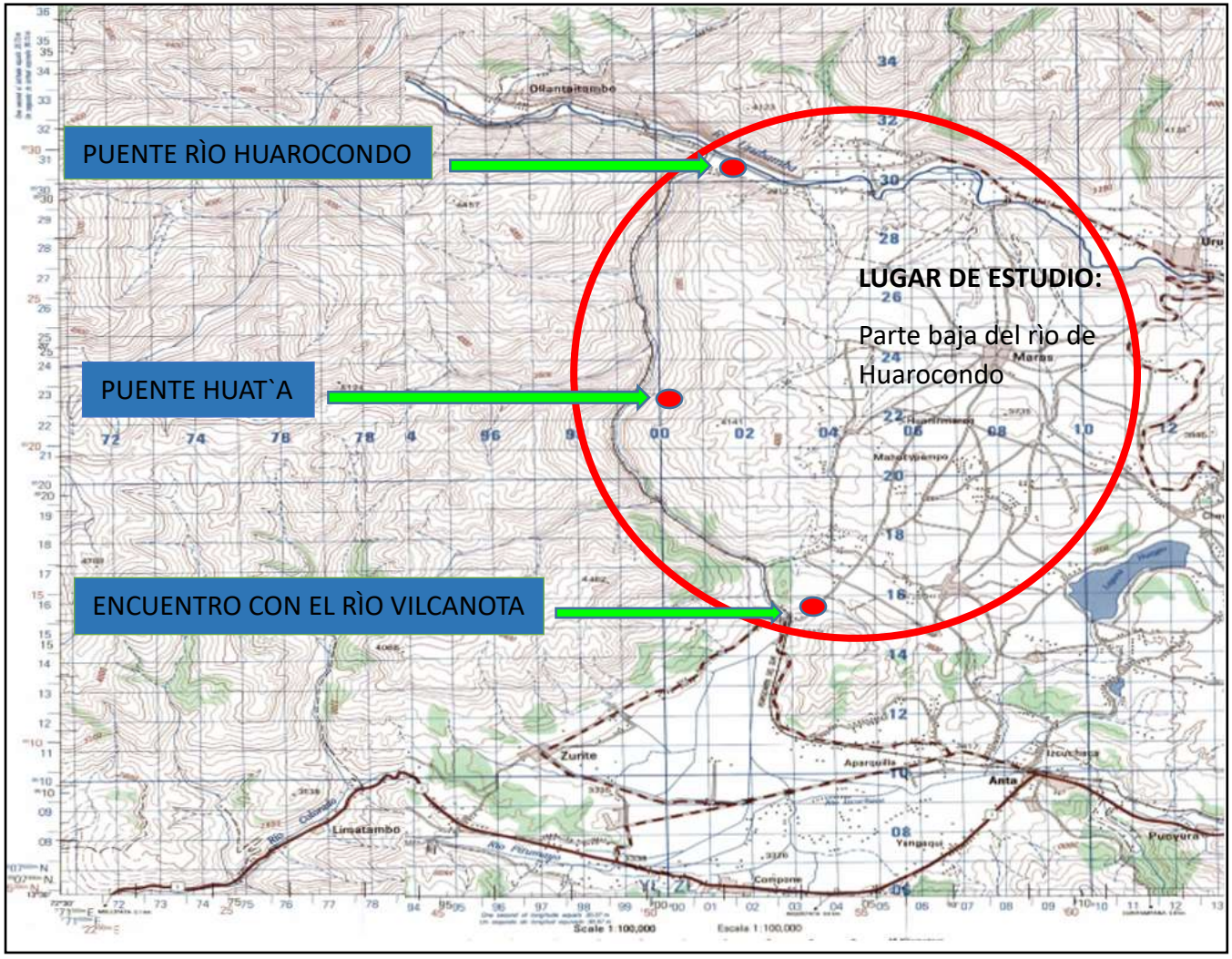
Periodo seco.- Cuando la temperatura en mayor que la precipitacion
Periodo moderadamente Humedo.- Cuando la precipitacion es menor a los 100 mm de precipitacion a 100 mm de precipitacion
Periodo muy humedo.- Cuando la precipitacion es mayor a 100 mm

5 de mayo al 15 de setiembte se presenta un periodo seco
16 de setiembre 10 de novembre del 28 de marzo a l 4 de mayo un periodo moderadamente humedo

12 de noviembre al 27 de marzo un periodo muy humedo

Figura 2

Mapa hidrográfico de la Micro cuenca Huarocondo



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
	ESCUELA DE POSGRADO
	MAESTRIA EN CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SOSTENIBLE
PROYECTO: "ESTANDARES DE CALIDAD DE AGUA Y SU RELACIÓN CON EL CAUDAL ECOLÓGICO EN EL RÍO DE HUAROCONDO, ANTA, CUSCO"	
MAPA HIDROGRÀFICO DE HUAROCONDO	
ESCALA: 1/100 000	
UBICACIÒN: DISTRITO DE HUAROCONDO PROVINCIA DE ANTA REGIÒN CUSCO	
FUENTE: CARTAS NACIONALES	

3.2. Tipo y nivel de investigación

El objetivo de la investigación define el tipo de investigación como **científica aplicada,** porque permite evidenciar de qué manera los estándares de calidad ambiental para agua se relacionan con el caudal ecológico del río Huarocondo en la provincia de Anta, región Cusco.

- **Descriptiva - Correlacional**

Es una investigación de alcance y nivel descriptivo - correlacional, no experimental, ya que busca determinar la relación entre los estándares de calidad de agua y el caudal ecológico del río Huarocondo, Cusco.

3.3. Población y muestra

Unidad de análisis:

La unidad de análisis estuvo compuesta por la parte baja del río Huarocondo desde Santa Rosa hasta el encuentro con el río Vilcanota, ubicado en el distrito Huarocondo, provincia de Anta, región Cusco. Las muestras estuvieron compuestas por los 3 puntos de muestreo (puente Huarocondo, Puente Huat'a y puente encuentro con el río Vilcanota en donde se extrajeron las muestras para el análisis respectivo.

Diseño de la investigación

El diseño de investigación planteado fue no experimental, por lo que el desarrollo de la investigación o el estudio y recopilación de datos correspondió a diferentes horizontes de tiempo entre los años 2019 y 2020.

Método de investigación

Para el desarrollo de la investigación se aplicó el método inductivo de enfoque cuantitativo, puesto que se efectuaron observaciones y se recolectaron datos individuales para cada una de las variables de estudio (estándares de calidad ambiental y caudal ecológico) con la finalidad de poder dar respuesta al problema general planteado y encontrar la relación entre los estándares de calidad de agua y el caudal ecológico de la cuenca del río Huarocondo, Cusco.

3.4. Técnicas de recolección de información

3.4.1. Técnicas de muestreo

La determinación de las muestras se realizó en 3 puntos de la parte baja del río de Huarocondo; ubicaciones clave: el Puente río Huarocondo, el Puente Huat'a y el puente encuentro con el río Vilcanota, debido a que se considera que las aguas del río de Huarocondo por tramos varían la concentración de sustancias físico química y biológicas; se tomó 06 muestras para cada punto (2 muestras de la orilla margen derecha, 2 muestras de la orilla margen izquierda y 2 muestras de la parte intermedia del río), siendo un total de 18 muestras para poder obtener datos más específicos.

La investigación se llevó a cabo durante doce meses consecutivos; (se inició el mes de julio del 2019 hasta el mes de junio del 2020) incluyendo la recolección y el análisis de muestras de cada punto de monitoreo. Estas muestras se tomaron en estaciones del año preestablecidas,

coincidiendo con los periodos de creciente, media creciente y vaciante del río. El proceso metodológico se estructuró en tres etapas:

1. Etapa de Pre – Campo:

Durante esta fase, se realizó una exhaustiva revisión de literatura académica, consultando textos, libros y trabajos previos de estudiantes e investigadores en bibliotecas tanto públicas como privadas. Este acercamiento directo a las investigaciones ya existentes fue fundamental para clarificar la orientación del estudio. Simultáneamente, se llevó a cabo una búsqueda de información virtual para refinar los objetivos del proyecto y asegurar su correcto desarrollo. Se puso especial énfasis en el análisis de datos recopilados sobre las características hidrológicas e hidrográficas, así como en estudios similares realizados en otros ríos y cuencas de la Amazonía peruana.

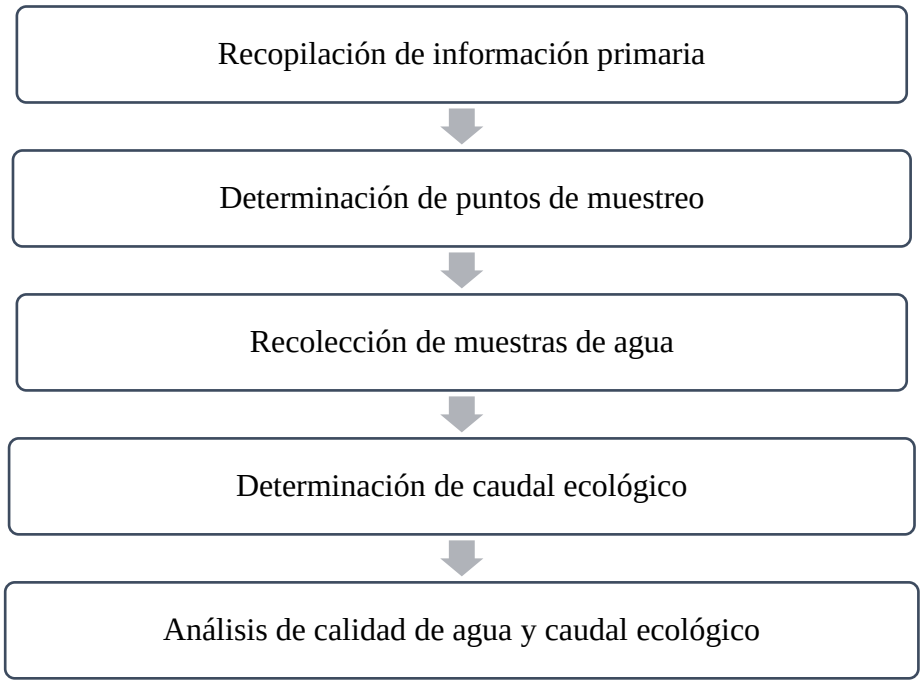
2. Etapa de Campo:

En esta fase, llevamos a cabo la recolección y análisis de muestras de agua siguiendo un protocolo de monitoreo establecido. Algunos parámetros fueron analizados in situ, directamente en el lugar de muestreo. Otros, en cambio, se recolectaron 0.5 L de agua en botellas de borosilicato y plástico en los 3 puntos, (06 muestras por punto), siendo un total de 18 muestras, luego se rotuló cuidadosamente cada muestra para luego ser transportados al laboratorio de Quimica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco – UNSAAC, para su respectivo análisis.

Paralelamente, se recopilaron datos esenciales para calcular los caudales del río Huarocondo

(caudal medio, máximo y mínimo). Esta información se obtuvo en tres ubicaciones clave: el Puente del río de Huarocondo, el Puente Huat'a y el puente encuentro con el río Vilcanota; con una barilla milimetrada se midió la profundidad del río (orilla margen derecha, orilla margen izquierda y la parte intermedia del río), con una wincha se realizó la medida del ancho del río, se tomó una medida de 25 M de largo para ver el tiempo que transcurre el agua del río previamente cronometrada con flotadores marcados, estas evaluaciones se realizaron cada quincena del mes en horarios de la mañana durante un año, desde el mes de julio del 2019 hasta junio del 2020, con el fin de generar datos representativos tanto para las épocas lluviosas como para las de estiaje.

FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES:



Metodología para la consecución de objetivos

1. **Metodología para caracterizar la calidad del agua en el río Huarocondo según los parámetros fisicoquímicos establecidos por la normativa peruana**.

Con la finalidad de poder determinar la variación de los estándares de calidad para agua en el río Huarocondo, se realizó la extracción de muestras de agua en tres puntos específicos de la cuenca: Parte alta ubicada en el puente sobre río Huarocondo, Parte media sobre el puente Huat'a y Parte baja en la zona del puente, encuentro del río Huarocondo con el río Vilcanota. Estas muestras extraídas fueron llevadas a analizar al laboratorio de química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco - UNSAAC con la finalidad de poder determinar la composición fisicoquímica de las muestras de agua y posteriormente ser comparadas con los estándares de calidad ambiental establecidos por el Ministerio del ambiente mediante el DS Nº 004-2017 MINAM.

2. Metodología para determinar cómo varía el caudal del río Huarocondo a lo largo del año y cuáles son los periodos críticos para la conservación del caudal ecológico.

Para determinar la variación del caudal ecológico del río Huarocondo, se realizó la medida de la altura que cubre el agua del río (profundidad media, orilla margen derecha y orilla margen izquierda), se realizó la medida del ancho y se tomó una medida de 25 M de largo para ver el tiempo que transcurre el agua del río previamente cronometrada con flotadores marcados, estas evaluaciones se realizaron durante un año, desde el mes de julio del 2019 hasta junio del 2020

(una evaluación por mes), con el fin de generar datos representativos tanto para las épocas lluviosas como para las épocas de estiaje.

Una vez obtenida el caudal medio mensual, se tomó el 15% de cada **Caudal ecológico (Resolución Jefatural N° 267-2019 - ANA) (m3/s)**

3. Metodología para determinar la relación existente entre la calidad del agua y el mantenimiento del caudal ecológico en el río Huarocondo.

Para establecer la relación entre los estándares de calidad para agua y el caudal ecológico del rio Huarocondo, se tomó en cuenta los caudales medios mensuales por punto de muestreo entre 2019 – 2020 así como también los resultados de los análisis físico químicos.

3.5. Técnicas de análisis e interpretación de la información

Constituyó el trabajo de análisis, descripción e interpretación de resultados, para lo cual se desarrolló la siguiente secuencia:

- Los resultados de las muestras fueron procesadas y descritas para cada cuerpo de agua.
- Se consolidó la información de campo y se realizaron los análisis con el ajuste de la información respectiva en el programa Excel.
- Se realizó la elaboración y construcción de tablas, así como gráficos estadísticos.
- Se realizó la interpretación de datos de los estándares de calidad ambiental para agua, así como de los caudales del río de Huarocondo.

- Se realizó la prueba de correlación de variables para lo cual se utilizó el programa SPSS, con un nivel de significancia del 95% y un coeficiente de correlación de Pearson entre -1.00 a + 1.00 ($-1 \leq r \leq 1$).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

a.- Estadística Descriptiva

4.1.1. Calidad actual del agua en el río Huarocondo según los parámetros fisicoquímicos y biológicos establecidos por la normativa peruana

4.1.1.1. Estándares de calidad de agua - Año - 2019

La tabla 3 muestra los resultados del análisis fisicoquímico de agua extraída de tres puntos de muestreo del río Huarocondo durante el periodo fiscal 2019. Estos resultados han sido promediados con la finalidad de poder obtener el valor total representativo para dicho periodo y ser comparado con los estándares de calidad ambiental. De los mismos, se muestra una variación para los diferentes parámetros establecidos, lo cual muestra una gran influencia de las diferentes actividades económicas que se vienen desarrollando en la zona, lo cual hace que, incremente la cantidad de diferentes elementos existentes en los cuerpos de agua.

Tabla 3

Resultados del análisis físico químico de agua en tres puntos de muestreo del río Huarocondo – año 2019

PARÁMETROS	PUNTO DE MUESTREO 2019			$\overline{X}$	ECA DS Nº 004-2017 MINAM
	PUENTE RÍO HUAROCONDO	PUENTE HUAT'A - RIO HUAROCONDO	ENCUENTRO RÍO HUAROCONDO / VILCANOTA		
Aceites y grasas (mg/l)	2.50	4.10	12.20	6.27	Ausencia de película visible
DBO5 (mg/l)	4.90	5.80	7.70	6.13	< 10
Nitrógeno (NH3) (mg/l)	12.50	10.40	12.90	11.93	0.02
Oxígeno disuelto (mg/l)	6.70	6.22	5.96	6.29	>= 5
pH	7.86	7.95	8.50	8.10	6.5 - 8.5
Solidos disueltos totales (mg/l)	135.00	1452.00	2466.00	1351.00	500.00
Solidos suspendidos totales (mg/l)	35.80	10.40	11.70	19.30	<= 25 - 100
Nitrógeno total (mg/l)	31.50	36.90	52.80	40.40	1.60
Fosfatos (mg/l)	0.02	0.03	0.05	0.03	0.50
Plomo (mg/l)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.001
Zinc (mg/l)	0.64	0.78	1.80	1.07	0.03

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de campo

Aceites y grasas (mg/l):

Los resultados del análisis físico químico del agua en el periodo 2019, muestra que, para el parámetro aceite y grasa los resultados son mayores a lo establecido por los ECAs teniendo en el punto de muestreo del río Huarocondo un valor de 2.50 mg/l, en puente huat'a – río Huarocondo un valor de 4.10 mg/l y en la zona de encuentro con el río Vilcanota se aprecia el mayor valor (12.20 mg/l), con un valor promedio de 6.27 mg/l, superior a los ECAs del MINAM que indican que para dicho parámetro en condiciones de ríos de la costa y sierra no debería ser visible. Sobre todo, en la zona; la mayor parte de estas grasas y aceites proceden de desperdicios alimentarios de la población del distrito de Huarocondo, visualizándose la formación de nata y

espuma en las zonas muestreadas (**MINAM, 2017**), Esto se debe a la descarga de aguas residuales sin tratar.

DB05 (mg/l):

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua. Este es un factor importante a tener en cuenta para medir el nivel de contaminación de las aguas.

En la investigación desarrollada, los resultados del análisis físico químico de agua durante el periodo 2019, muestra que para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno el resultado promedio en los tres puntos de muestreo es 6.13 mg/l, siendo en el punto de muestreo encuentro río Vilcanota el mayor valor identificado (7.70 mg/l) (con indicios de contaminación) y 5.80 mg/l y 4.90 mg/l para los puntos de muestreo Puente Huat'a y Puente río Huarocondo respectivamente (buena calidad aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable) (**MINAM, 2017**).

Nitrógeno amoniacal:

El nitrógeno amoniacal en condiciones normales, es proveniente de la degradación natural de la materia orgánica e inorgánica en el suelo y agua. En la investigación realizada, los resultados del análisis físico químico de agua, muestra que durante el periodo 2019 los niveles promedio de nitrógeno amoniacal en el cuerpo de agua del río Huarocondo son muy altos (11.93 mg/l) a comparación de los ECAs establecidos por el MINAM (0.02 mg/l). Este resultado muestra que en la zona existe altos niveles de contaminación del agua sobre todo por contaminación

doméstica (desagües y otros), lo cual resulta altamente dañino para la vegetación y tóxico para la vida acuática en la zona (**MINAM, 2017**).

Oxígeno disuelto:

El oxígeno disuelto es un indicador importante en los cuerpos de agua, pues muestra la capacidad de un río para mantener la vida acuática, siendo fundamental para la vida de los peces, plantas, algas y otros organismos existentes en él. En la investigación, se aprecia que al realizar el análisis físico químico de agua durante el periodo 2019 en tres puntos de muestreo del río Huarocondo se tiene un valor promedio de 6.29 mg/l, siendo altamente superior a los ECAs establecidos por el MINAM (>= 5 mg/l). Este indicador es importante pues muestra que este cuerpo de agua superficial es altamente habitable para la vida acuática en la zona (**MINAM, 2017**).

pH:

De acuerdo al análisis físico químico realizado se identifica que durante el periodo 2019 el pH tuvo un valor promedio de 8.10 lo cual si bien es cierto se encuentra dentro de los parámetros establecidos para los ECAs fijados por el MINAM (6.5 – 8.5) se encuentran muy próximos al valor superior sobre todo en el punto de muestreo del encuentro con el río Vilcanota (**MINAM, 2017**).

Sólidos disueltos totales:

Los sólidos disueltos totales son la suma de los minerales, metales, cationes o aniones disueltos en agua, los cuales pueden afectar al color, olor y sabor del agua. De acuerdo a los valores

establecidos para los ECAs fijados por el MINAM, la cantidad de sólidos disueltos totales debe de ser de 500 mg/l. Sin embargo, en la investigación realizada, se aprecia que durante el periodo 2019 para este parámetro la cantidad promedio de sólidos disueltos totales es de 1351 mg/l, siendo sobre todo superior en la zona de encuentro del río Huarocondo con el río Vilcanota (2466 mg/l). Este valor muestra que durante dicho periodo de evaluación la cantidad era elevada limitando la vida acuática en la zona de estudio (**MINAM, 2017**).

Sólidos suspendidos totales:

Del análisis fisicoquímico realizado para el periodo 2019, se identifica que en la zona de estudio los sólidos suspendidos totales muestran un valor de 19.30 mg/l lo cual se encuentra por debajo de los valores establecidos para los ECAs fijados por el MINAM (<= 25 – 100), siendo mayor en la zona de muestreo del puente del río Huarocondo con un valor de 35.80 mg/l (**MINAM, 2017**).

Nitrógeno total:

El nitrógeno total es una medida de todas las varias formas de nitrógeno que se encuentran en un cuerpo de agua, siendo muy importante para el crecimiento de plantas acuáticas y agua. Del análisis físico químico realizado para el periodo 2019 se identifica que en la zona de estudio la cantidad de Nitrógeno total en el cuerpo de agua evaluada es en promedio de 40.40 mg/l, siendo este valor muy superior a lo establecido por los ECAs para cuerpos de agua en costa y sierra fijados por el MINAM (1.60 mg/l) (**MINAM, 2017**).

Fosfatos:

Del análisis físico químico realizado para el periodo 2019 se identifica que en la zona de estudio la cantidad de fosfatos en el cuerpo de agua evaluada es en promedio de 0.03 mg/l, siendo este valor inferior a lo establecido por los ECAs para cuerpos de agua en costa y sierra fijados por el MINAM (0.50 mg/l), lo cual muestra que este compuesto existente en la zona durante dicho periodo no favorece el crecimiento de las plantas ni los procesos de eutrofización en la zona (**MINAM, 2017**).

Plomo:

Del análisis físico químico realizado para el periodo 2019 que se muestra en la tabla 3, se identifica que en la zona de estudio la cantidad de plomo en el cuerpo de agua evaluada es en promedio de 0.02 mg/l, siendo este valor muy superior a lo establecido por los ECAs para cuerpos de agua en costa y sierra fijados por el MINAM (0.001 mg/l), lo cual muestra que en la zona existen altos niveles de contaminación del agua (**MINAM, 2017**).

Zinc:

Del análisis físico químico realizado para el periodo 2019 que se muestra en la tabla 3, se identifica que en la zona de estudio la cantidad de zinc en el cuerpo de agua evaluada es en promedio de 1.07 mg/l, siendo este valor muy superior a lo establecido por los ECAs para cuerpos de agua en costa y sierra fijados por el MINAM (0.03 mg/l), lo cual muestra que en la zona el agua proveniente del río Huarocondo no es adecuado para el consumo humano (**MINAM, 2017**).

4.2.1.2. Estándares de calidad ambiental, Año - 2020

La tabla 4 presenta los resultados del análisis fisicoquímico de agua extraída de tres puntos de muestreo del río Huarocondo durante el periodo fiscal 2020. Estos resultados han sido promediados con la finalidad de poder obtener el valor total representativo para dicho periodo y ser comparado con los estándares de calidad ambiental.

Tabla 4

Resultados del análisis físico químico de agua en tres puntos de muestreo del río Huarocondo – año 2020

PARÁMETROS	PUNTO DE MUESTREO 2020			$\overline{X}$	ECA - DS Nº 004-2017 MINAM
	PUENTE RÍO HUAROCONDO	PUENTE HUAT'A - RIO HUAROCONDO	ENCUENTRO RÍO HUAROCONDO / VILCANOTA		
Aceites y grasas (mg/l)	2.10	5.60	7.40	5.03	Ausencia de película visible
DBO5 (mg/l)	4.20	4.80	5.80	4.93	< 10
Nitrógeno (NH3) (mg/l)	8.80	9.10	9.50	9.13	0.02
Oxígeno disuelto (mg/l)	6.17	6.49	6.64	6.43	>= 5
pH	7.35	8.10	8.26	7.90	6.5 - 8.5
Solidos disueltos totales (mg/l)	1114.20	1206.90	1377.00	1232.70	500.00
Solidos suspendidos totales (mg/l)	19.80	4.32	15.74	13.29	<= 25 - 100
Nitrógeno total (mg/l)	26.60	33.50	49.00	36.37	1.60
Fosfatos (mg/l)	0.03	0.04	0.05	0.04	0.50
Plomo (mg/l)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.001
Zinc (mg/l)	0.44	0.56	0.86	0.62	0.03

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a los resultados de campo

Aceites y grasas (mg/l):

Los resultados del análisis físico químico para agua durante el periodo 2020, muestra que para el parámetro aceites y grasas los resultados obtenidos (5.03 mg/l) son superiores a lo establecido por los ECAs del MINAM que establece que para dicho parámetro en condiciones de ríos de la costa y sierra no debería ser visible. Sobre todo, en la zona de encuentro con el río Vilcanota se

aprecia el mayor valor (7.40 mg/l); la mayor parte de estas grasas y aceites proceden de desperdicios alimentarios de la población del distrito de Huarocondo, visualizándose la formación de nata y espuma en las zonas muestreadas.

DB05 (mg/l):

En la investigación desarrollada, los resultados del análisis físico químico de agua durante el periodo 2020, muestra que para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno el resultado promedio en los tres puntos de muestreo es 4.93 mg/l, siendo en el punto de muestreo encuentro río Vilcanota el mayor valor identificado (5.80 mg/l) y 4.80 mg/l y 4.20 mg/l para los puntos de muestreo Puente Huat'a y Puente río Huarocondo respectivamente, lo cual indica que en estos tres casos las aguas superficiales son de buena calidad con bajo contenido de materia orgánica biodegradable (**MINAM, 2017**).

Nitrógeno amoniacal:

Del del análisis físico químico de agua realizado, se identifica que durante el periodo 2020 los niveles promedio de nitrógeno amoniacal en el cuerpo de agua del río Huarocondo son muy altos (9.13 mg/l) a comparación de los ECAs establecidos por el MINAM (0.02 mg/l). Este resultado muestra que en la zona existe altos niveles de contaminación del agua sobre todo por contaminación doméstica (desagües y otros) (**MINAM, 2017**).

Oxígeno disuelto:

En la investigación, se aprecia que al realizar el análisis físico químico de agua durante el periodo 2020 en tres puntos de muestreo del río Huarocondo se tiene un valor promedio de 6.43

mg/l, siendo altamente superior a los ECAs establecidos por el MINAM (>= 5 mg/l). Este indicador es importante pues muestra que este cuerpo de agua superficial es altamente habitable para la vida acuática en la zona (**MINAM, 2017**).

pH:

De acuerdo al análisis físico químico realizado se identifica que durante el periodo 2020 el pH tuvo un valor promedio de 7.90 estando dentro de los parámetros establecidos para los ECAs fijados por el MINAM (6.5 – 8.5).

Sólidos disueltos totales:

Del análisis fisicoquímico realizado para el periodo 2020, se identifica que en la zona de estudio los sólidos disueltos totales muestran un valor promedio de 1232.70 mg/l lo cual se encuentra muy por encima de los valores establecidos para los ECAs fijados por el MINAM (500).

Sólidos suspendidos totales:

Del análisis fisicoquímico realizado para el periodo 2020, se identifica que en la zona de estudio los sólidos suspendidos totales muestran un valor de 13.29 mg/l lo cual se encuentra dentro de los valores establecidos para los ECAs fijados por el MINAM (<= 25 - 100), siendo mayor en la zona de muestreo del puente del río Huarocondo con un valor de 19.80 mg/l.

Nitrógeno total:

Del análisis físico químico realizado para el periodo 2020 se identifica que en la zona de estudio la cantidad de Nitrógeno total en el cuerpo de agua evaluada es en promedio de 36.37 mg/l,

siendo este valor muy superior a lo establecido por los ECAs para cuerpos de agua en costa y sierra fijados por el MINAM (1.60 mg/l).

Fosfatos:

Del análisis físico químico realizado para el periodo 2020 se identifica que en la zona de estudio la cantidad de fosfatos en el cuerpo de agua evaluada es en promedio de 0.04 mg/l, siendo este valor inferior a lo establecido por los ECAs para cuerpos de agua en costa y sierra fijados por el MINAM (0.50 mg/l).

Plomo:

Del análisis físico químico realizado para el periodo 2020 que se muestra en la tabla 4, se identifica que en la zona de estudio la cantidad de plomo en el cuerpo de agua evaluada es en promedio de 0.01 mg/l, siendo este valor muy superior a lo establecido por los ECAs para cuerpos de agua en costa y sierra fijados por el MINAM (0.001 mg/l).

Zinc:

Del análisis físico químico realizado para el periodo 2020 que se muestra en la tabla 4, se identifica que en la zona de estudio la cantidad de zinc en el cuerpo de agua evaluada es en promedio de 0.62 mg/l, siendo este superior a lo establecido por los ECAs para cuerpos de agua en costa y sierra fijados por el MINAM (0.03 mg/l).

4.2.1.3. Variación de los estándares de calidad para agua periodo 2019 - 2022

Para determinar la variación de los compuestos existentes en los cuerpos de agua y el valor promedio, se tomó en cuenta los resultados de los análisis físico químicos de agua analizados durante los periodos 2019 – 2020 los cuales se muestran en la tabla 4.

Tabla 5

Variación de los parámetros físico químicos de agua durante los periodos 2019 – 2020 en el río Huarocondo

PARÁMETROS	ECA HUAROCONDO		Variación 2019 - 2020	∑	Comparativo ECA HUARACONDO / ECA MINAM	
	2019	2020			$\overline{X}$	DS Nº 004-2017 MINAM
Aceites y grasas (mg/l)	6.27	5.03	1.23	11.30	**5.65**	Ausencia de película visible
DBO5 (mg/l)	6.13	4.93	1.20	11.07	5.53	< 10
Nitrógeno (NH3) (mg/l)	11.93	9.13	2.80	21.07	**10.53**	0.02
Oxígeno disuelto (mg/l)	6.29	6.43	**-0.14**	12.73	6.36	>= 5
pH	8.10	7.90	0.20	16.01	8.00	6.5 - 8.5
Solidos disueltos totales (mg/l)	1351.00	1232.70	118.30	2583.70	**1291.85**	500.00
Solidos suspendidos totales (mg/l)	19.30	13.29	6.01	32.59	16.29	<= 25 - 100
Nitrógeno total (mg/l)	40.40	36.37	4.03	76.77	**38.38**	1.60
Fosfatos (mg/l)	0.03	0.04	**-0.01**	0.07	0.04	0.50
Plomo (mg/l)	0.02	0.01	0.01	0.03	**0.01**	0.001
Zinc (mg/l)	1.07	0.62	0.45	1.69	**0.85**	0.03

Fuente: Elaboración propia según los resultados de campo

Aceites y grasas (mg/l):

Los resultados del análisis físico químico para agua, muestra una variación entre los periodos 2019 - 2020, donde se visualiza una disminución del contenido de aceites y grasas en dichos periodos, teniendo así mismo un valor promedio de 5.65 el cual es mayor a lo establecido por los ECAs que establece que para dicho parámetro en condiciones de ríos de la costa y sierra no

debería ser visible. De estos resultados se desprende que la mayor parte de estas grasas y aceites proceden de desperdicios alimentarios de la población del distrito de Huarocondo, visualizándose la formación de nata y espuma en las zonas muestreadas.

Según se puede apreciar para este parámetro, existe un valor superior durante el periodo 2019 con 6.27 mg/l, lo cual se refleja debido a que posiblemente en este tiempo hubo mayores niveles de contaminación teniendo una disminución en el periodo 2020 (5.03 mg/l) donde se decreta el estado de emergencia producto del COVID-19, lo cual hizo que el principal medio de contaminación como es el hombre disminuya sus actividades y contaminantes al medio (**MINAM, 2017**).

DB05 (mg/l):

En la investigación desarrollada, al efectuar una comparación entre los resultados del análisis físico químico de agua obtenido durante los periodos 2019 – 2020 se identifica una diminución de 1.20 mg/l entre dichos periodos (6.13 mg/l a 4.93 mg/l) con un resultado promedio de 5.53 mg/l (aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable), el mismo que se encuentra por debajo de los ECAs fijados por el MINAM (< 10 mg/l).

Esta disminución que se observa obedece a la disminución de contaminantes en el medio acuático producto de la paralización de actividades económicas por el COVID-19.

Nitrógeno amoniacal:

Al realizar la comparación entre los resultados del análisis físico químico de agua obtenido durante los periodos 2019 – 2020 para el parámetro nitrógeno amoniacal se identifica una

diminución en el contenido de nitrógeno de 2.80 mg/l (11.93 mg/l a 9.13 mg/l) entre los periodos 2019 al 2020 con un valor promedio de 10.53 mg/l, lo cual si bien es cierto es superior a los ECAs establecidos por el MINAM (0.02 mg/l) muestra una disminución importante lo cual evidencia la disminución en la contaminación doméstica (desagües y otros) del agua, en su mayoría por la migración de la población y paralización de diferentes actividades debido a la emergencia sanitaria.

Oxígeno disuelto:

Al realizar la comparación entre los resultados del análisis físico químico de agua obtenido durante los periodos 2019 – 2020 para el parámetro oxígeno disuelto se identifica un incremento de 0.14 mg/l (6.29 mg/l a 6.43 mg/l) entre los periodos 2019 al 2020 con un valor promedio de 12.73 mg/l el mismo que se encuentra dentro de los ECAs establecidos por el MINAM (>= 5 mg/l). Este indicador resulta importante pues muestra que este cuerpo de agua superficial es altamente habitable para la vida acuática en la zona y se encuentra en proceso de recuperación.

pH:

Al realizar la comparación entre los resultados del análisis físico químico de agua obtenido durante los periodos 2019 – 2020 para el parámetro pH se identifica una variación del pH de 0.20 entre los periodos 2019 al 2020 con un valor promedio de 8 (8.10 a 7.90) el mismo que se encuentra dentro de los ECAs establecidos por el MINAM (6.5 – 8.5). Este valor obtenido es importante pues muestra que el cuerpo de agua es favorable para el desarrollo de especies acuáticas y que los niveles de contaminación en la zona están disminuyendo.

Sólidos disueltos totales:

Efectuando una comparación entre los resultados del análisis físico químico de agua obtenido durante los periodos 2019 – 2020 para el parámetro sólidos disueltos totales se identifica una variación de 118.30 mg/l (1351.00 mg/l a 1232.70 mg/l) entre los periodos 2019 al 2020 con un valor promedio de 1291.85 mg/l el mismo que se encuentra por encima de los ECAs establecidos por el MINAM (500 mg/l). Pese a evidenciarse una disminución considerable, la cantidad de minerales, metales, cationes o aniones disueltos en agua es alta lo mismo que afecta al color, olor y sabor del agua limitando la vida acuática en la zona de estudio.

Sólidos suspendidos totales:

Al realizar una comparación entre los resultados del análisis físico químico de agua obtenido durante los periodos 2019 – 2020 para el parámetro sólidos suspendidos totales se identifica una variación de 6.01 mg/l (19.30 mg/l a 13.29 mg/l) entre los periodos 2019 al 2020 con un valor promedio de 16.29 mg/l el mismo que se encuentra por debajo de los ECAs establecidos por el MINAM (<= 25 – 100). Esto indica que en la zona de estudio el río no tiene mucha presencia de sedimentos y que la cantidad existente de estos se encuentra disminuyendo.

Nitrógeno total:

Al realizar la comparación entre los resultados del análisis físico químico de agua obtenido durante los periodos 2019 – 2020 para el parámetro nitrógeno total se identifica una disminución de 4.03 mg/l (40.40 mg/l a 36.37 mg/l) entre los periodos 2019 al 2020 con un valor promedio de 38.38 mg/l el mismo que se encuentra por encima de los ECAs establecidos por el MINAM (1.60 mg/l). Este indicador si bien es cierto muestra aún la presencia de este elemento en el agua

resulta favorable para el crecimiento de plantas y otros organismos acuáticos y que a su vez el medio acuático se encuentra en proceso de recuperación.

Fosfatos:

Al realizar la comparación entre los resultados del análisis físico químico de agua obtenido durante los periodos 2019 – 2020 para el parámetro fosfatos se identifica un incremento de 0.01 mg/l (0.03 mg/l a 0.04 mg/l) entre los periodos 2019 al 2020 con un valor promedio de 0.04 mg/l el mismo que se encuentra muy por debajo de los ECAs establecidos por el MINAM (0.50 mg/l) pero que indica así mismo el incremento de estos compuestos en el medio acuático elemental para favorecer el crecimiento de las plantas.

Plomo:

Del análisis físico químico realizado para los periodos 2019 - 2020 para el parámetro plomo se identifica una disminución de 0.01 mg/l (0.02 mg/l a 0.01 mg/l) entre los periodos 2019 al 2020 con un valor promedio de 0.01 mg/l el mismo que se encuentra muy por encima de los ECAs establecidos por el MINAM (0.001 mg/l) pero que indica de igual manera la disminución de este elemento en el agua el cual es perjudicial para los organismos acuáticos y en especial los humanos.

Zinc:

Al realizar la comparación entre los resultados del análisis físico químico de agua obtenido durante los periodos 2019 – 2020 para el parámetro zinc se identifica una disminución de 0.45 mg/l (1.07 mg/l a 0.62 mg/l) entre los periodos 2019 al 2020 con un valor promedio de 0.85

mg/l el mismo que se encuentra por encima de los ECAs establecidos por el MINAM (0.03 mg/l) lo cual si bien es cierto aún no es favorable para el consumo humano, representa una gran alternativa para el riego de los cultivos en vista de que este elemento es importante para el desarrollo de las plantas (**MINAM, 2017**).

4.1.2. Variación del caudal del río Huarocondo a lo largo del año y periodos críticos para la conservación del caudal ecológico

4.1.2.1. Caudal medio mensual punto de muestreo puente río Huarocondo

De los resultados obtenidos para este primer punto de muestreo, se identificó una variación del caudal en determinados periodos del año, cuya información se puede apreciar en la tabla 6.

Tabla 6

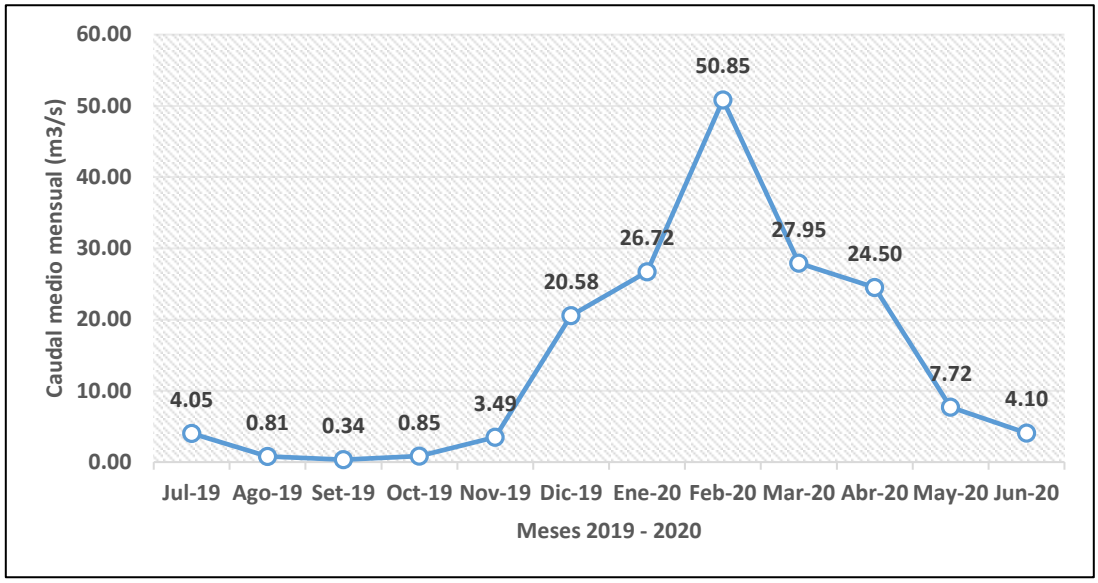
Estimación del caudal medio mensual, punto de muestreo puente del río Huarocondo

Mes	Profundidad media (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Volumen (m3)	Tiempo promedio (s)	Caudal (m3/s)
Jul-19	0.39	7.8	25	76.05	18.8	4.05
Ago-19	0.47	9.4	25	110.45	135.75	0.81
Set-19	0.2	9.25	25	46.25	137.25	0.34
Oct-19	0.13	9.6	25	31.2	36.75	0.85
Nov-19	0.5	10.27	25	128.375	36.75	3.49
Dic-19	0.6	10.7	25	160.5	7.8	20.58
Ene-20	0.95	10.8	25	256.5	9.6	26.72
Feb-20	1.13	10.8	25	305.1	6	50.85
Mar-20	1.13	9.3	25	262.725	9.4	27.95
Abr-20	0.8	9.31	25	186.2	7.6	24.50
May-20	0.56	8.6	25	120.4	15.6	7.72
Jun-20	0.43	8	25	86	21	4.10
$\overline{X}$	**0.61**	**9.49**	**25.00**	**147.48**	**36.86**	**14.33**

Fuente: Elaboración propia

Figura 3

Variación del caudal medio mensual meses 2019 – 2020 punto de muestreo puente río Huarocondo



Fuente: Elaboración propia

Tal como se muestra en la figura 3, el caudal medio mensual tuvo una variación en determinados periodos del año, visualizándose que durante los meses de agosto, setiembre y octubre alcanzó sus niveles más bajos con 0.81 m^3/s, 0.34 m^3/s y 0.85 m^3/s respectivamente lo cual se debe a que estos meses del año corresponden a la época de estiaje, mientras que a partir del mes de octubre se empieza a visualizar un crecimiento hasta el mes de febrero del 2020 donde alcanza el pico máximo con un valor de 50.85 m^3/s.

4.1.2.2. Caudal medio mensual punto de muestreo puente río Huat`a

De los resultados obtenidos para el segundo punto de muestreo (puente Huat'a), se identificó una variación del caudal en determinados periodos del año, cuya información se puede apreciar en la tabla 7.

Tabla 7

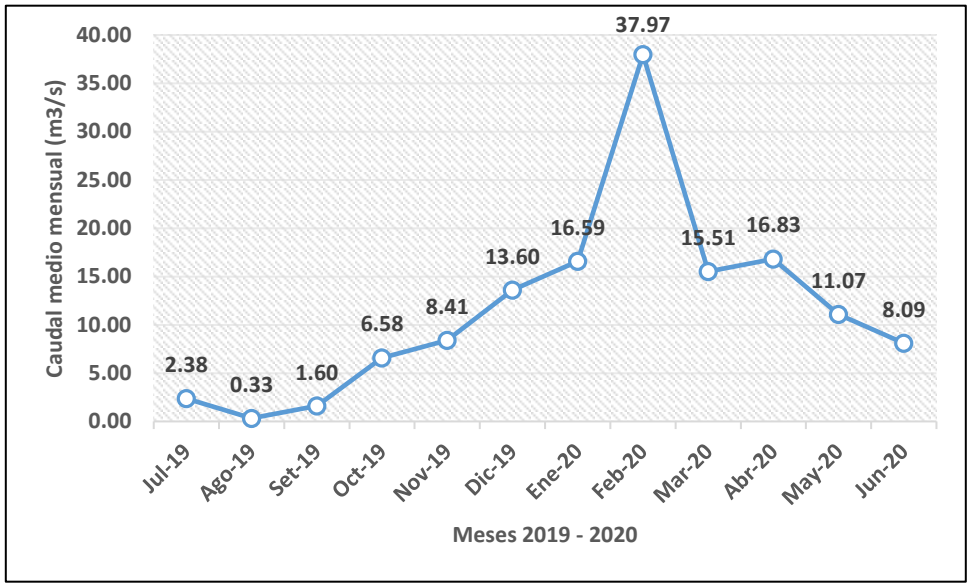
Estimación del caudal medio mensual punto de muestreo puente Huat'a

Mes	Profundidad media (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Volumen (m3)	Tiempo promedio (s)	Caudal (m3/s)
Jul-19	0.23	9	25	51.75	21.75	2.38
Ago-19	0.55	10.5	25	144.375	436	0.33
Set-19	0.56	9.2	25	128.8	80.4	1.60
Oct-19	0.62	10.3	25	159.65	24.25	6.58
Nov-19	0.62	10.74	25	166.47	19.8	8.41
Dic-19	0.71	11.8	25	209.45	15.4	13.60
Ene-20	0.73	12	25	219	13.2	16.59
Feb-20	1.18	12.1	25	356.95	9.4	37.97
Mar-20	0.91	11.18	25	254.345	16.4	15.51
Abr-20	0.93	11	25	255.75	15.2	16.83
May-20	0.84	9.7	25	203.7	18.4	11.07
Jun-20	0.8	8.9	25	178	22	8.09
$\overline{X}$	**0.72**	**10.54**	**25.00**	**194.02**	**57.68**	**11.58**

Fuente: Elaboración propia

Figura 4

Variación del caudal medio mensual meses 2019 – 2020 punto de muestreo puente Huat'a



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura 4, el caudal medio mensual tuvo una variación en determinados periodos del año, visualizándose que durante los meses de julio, agosto y setiembre alcanzó sus niveles más bajos con 2.38 m^3/s, 0.33 m^3/s y 1.60 m^3/s respectivamente lo cual se debe a que estos meses del año corresponden a la época de estiaje, mientras que a partir del mes de octubre se empieza a visualizar un crecimiento de 6.58 m^3/s hasta el mes de febrero del 2020 donde alcanza el pico máximo con un valor de 37.97 m^3/s.

4.1.2.3. Caudal medio mensual punto de muestreo encuentro río Vilcanota

De la investigación realizada, se tiene los resultados obtenidos para el tercer punto de muestreo (encuentro río Vilcanota), donde se identifica una variación del caudal en determinados periodos del año, cuya información se puede apreciar en la tabla 8.

Tabla 8

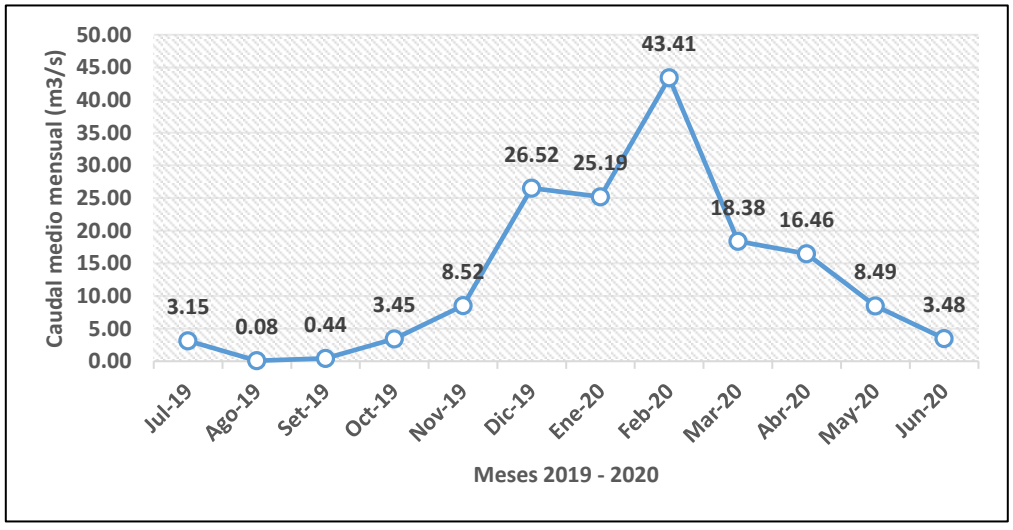
Estimación del caudal medio mensual punto de muestreo encuentro río Vilcanota

Mes	Profundidad media (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Volumen (m3)	Tiempo promedio (s)	Caudal (m3/s)
Jul-19	0.27	10.15	25	68.5125	21.75	3.15
Ago-19	0.17	8	25	34	436	0.08
Set-19	0.2	7	25	35	80.4	0.44
Oct-19	0.5	6.7	25	83.75	24.25	3.45
Nov-19	0.69	9.78	25	168.705	19.8	8.52
Dic-19	1.21	13.5	25	408.375	15.4	26.52
Ene-20	1	13.3	25	332.5	13.2	25.19
Feb-20	1.22	13.38	25	408.09	9.4	43.41
Mar-20	1.07	11.27	25	301.4725	16.4	18.38
Abr-20	0.92	10.88	25	250.24	15.2	16.46
May-20	0.6	10.42	25	156.3	18.4	8.49
Jun-20	0.3	10.2	25	76.5	22	3.48
$\overline{X}$	**0.68**	**10.38**	**25.00**	**193.62**	**57.68**	**13.13**

Fuente: Elaboración propia

Figura 5

Variación del caudal ambiental meses 2019 – 2020 punto de muestreo encuentro Vilcanota



Fuente: Elaboración propia

Tal como se muestra en la figura 5, el caudal medio mensual tuvo una variación en determinados periodos del año, visualizándose que durante los meses de julio, agosto, setiembre y octubre alcanzó sus niveles más bajos con 3.15 m^3/s, 0.08 m^3/s, 0.44 m^3/s y 3.45 m^3/s respectivamente, mientras que a partir del mes de octubre (3.45 m^3/s) se empieza a visualizar un crecimiento hasta el mes de febrero del 2020 donde alcanza el pico máximo con un valor de 43.41 m^3/s.

4.1.2.4. Determinación del caudal ecológico en la cuenca Huarocondo

Para la estimación del caudal ecológico se tuvo en cuenta el caudal medio mensual obtenido en los tres puntos de muestreo y la resolución jefatural N° 267-2019 – ANA que establece la asignación del caudal ecológico (15%).

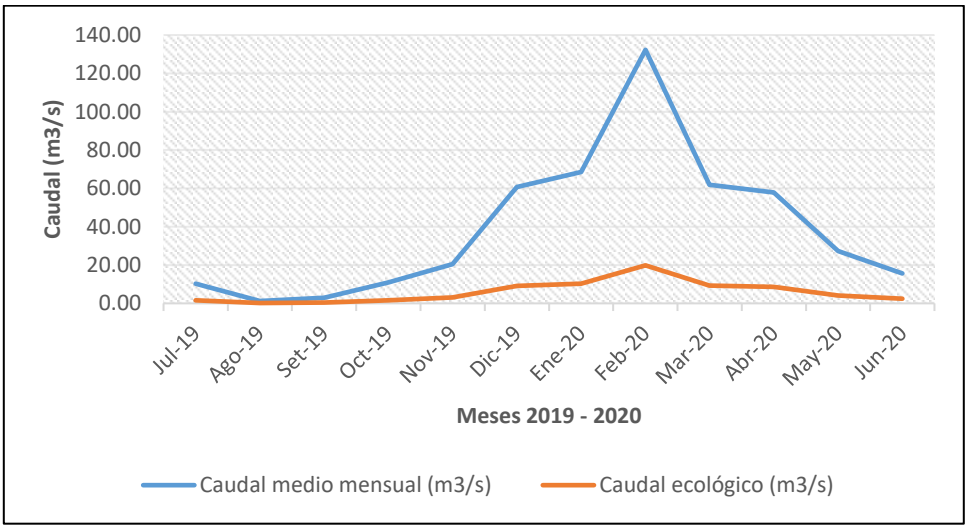
Tabla 9

Estimación del caudal medio mensual y caudal ecológico en la cuenca Huarocondo

Mes	Puntos de muestreo			Caudal medio mensual (m3/s)	Caudal ecológico (Resolución Jefatural N° 267-2019 - ANA) (m3/s)
	Puente río Huarocondo (m3/s)	Puente Huat'a (m3/s)	Encuentro río Huarocondo (m3/s)		
Jul-19	4.05	3.10	3.15	10.30	1.54
Ago-19	0.81	0.33	0.09	1.24	0.19
Set-19	0.52	1.60	0.76	2.89	0.43
Oct-19	0.85	6.58	3.45	10.89	1.63
Nov-19	3.49	8.41	8.52	20.42	3.06
Dic-19	20.58	13.60	26.52	60.70	9.10
Ene-20	26.72	16.59	25.19	68.50	10.27
Feb-20	50.85	37.97	43.41	132.24	19.84
Mar-20	27.95	15.51	18.38	61.84	9.28
Abr-20	24.50	16.83	16.46	57.79	8.67
May-20	7.72	11.07	8.49	27.28	4.09
Jun-20	4.10	8.09	3.48	15.66	2.35
$\overline{X}$	**14.34**	**11.64**	**13.16**	**39.14**	**5.87**

Figura 6

Variación del caudal medio mensual y caudal ecológico en la cuenca Huarocondo



Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos según la tabla 9, se visualiza que, así como el caudal medio mensual tienen un comportamiento variado durante determinados periodos del año, existen meses en los cuales se tiene que mantener un caudal ecológico mínimo a fin de que continuar con la regulación del clima y otros servicios ecosistémicos que esta cuenca brinda. De acuerdo a la estimación con la resolución jefatural N° 267-2019 – ANA se advierte que en la época de sequía (agosto) el caudal ecológico mínimo es de 0.19 m^3/s, dado que este es un periodo crucial del año, así mismo el caudal ecológico máximo es de 19.84 m^3/s en el mes de febrero.

b.- Estadística Inferencial

Tras la elaboración de los estadísticos descriptivos, se llevó a cabo el análisis Shapiro Wilk del grado de libertad de las variables. Dado que la muestra comprende 36 (inferior a 50), se buscò identificar el estadígrafo a aplicar para la confrontación de la hipótesis planteada.

PRUEBAS DE NORMALIDAD

	KOLMOGOROV-SMIRNOV[A]			SHAPIRO-WILK		
	ESTADÍSTICO	GL	SIG.	ESTADÍSTICO	GL	SIG.
ACEITES Y GRASAS (mg/l)	,172	36	,008	,833	36	,000
DBO5 (mg/l)	,241	36	,000	,829	36	,000
NITRÓGENO (NH3) (mg/l)	,236	36	,000	,802	36	,000
OXÍGENO DISUELTO (mg/l)	,202	36	,001	,866	36	,000
PH	,180	36	,005	,891	36	,002
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/l)	,242	36	,000	,848	36	,000
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	,197	36	,001	,837	36	,000
NITRÓGENO TOTAL (mg/l)	,228	36	,000	,846	36	,000
FOSFATOS (mg/l)	,215	36	,000	,850	36	,000
PLOMO (mg/l)	,220	36	,000	,832	36	,000
ZINC (mg/l)	,322	36	,000	,718	36	,000
Caudal ecológico	,193	36	,002	,861	36	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según la prueba de normalidad de variables, se aprecia que para las variables de investigación el valor P es inferior a 0.05 en todos los casos, por lo que se aprecia que los datos no siguen una distribución normal. Conforme a ello para realizar la prueba de contrastación de hipótesis se ha utilizado el estadígrafo “r” de Person.

4.1.3. Relación existente entre la calidad del agua y el mantenimiento del caudal ecológico en el río Huarocondo

Tabla 10

Relación entre los estándares de calidad de agua y el caudal ecológico en la cuenca Huarocondo

			Caudal ecológico
Caudal ecológico	Caudal ecológico	Correlación de Pearson	1
		Sig. (bilateral)	
		N	36
Estándares de Calidad Ambiental	Aceites y grasas	Correlación de Pearson	-,112
		Sig. (bilateral)	,516
		N	36
	DBO_5	Correlación de Pearson	-,300
		Sig. (bilateral)	,075
		N	36
	Nitrógeno amoniacal	Correlación de Pearson	-,489''
		Sig. (bilateral)	,002
		N	36
	Oxígeno disuelto	Correlación de Pearson	,051
		Sig. (bilateral)	,769
		N	36
	pH	Correlación de Pearson	-,230
		Sig. (bilateral)	,177
		N	36
	Sólidos Disueltos Totales	Correlación de Pearson	-,013
		Sig. (bilateral)	,939
		N	36
	Sólidos Suspendidos Totales	Correlación de Pearson	-,140
		Sig. (bilateral)	,414
		N	36
	Nitrógeno total	Correlación de Pearson	-,141
		Sig. (bilateral)	,412
		N	36
	Fosfatos	Correlación de Pearson	,156
		Sig. (bilateral)	,365
		N	36
	Plomo	Correlación de Pearson	-,444''
		Sig. (bilateral)	,007
		N	36
	Zinc	Correlación de Pearson	-,266
		Sig. (bilateral)	,117
		N	36

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

De los resultados obtenidos que se muestran en la tabla 10, se aprecia que gran parte de los estándares de calidad del agua para los diferentes parámetros no tienen relación significativa con el caudal ecológico en la cuenca del río Huarocondo a un 95% de significancia ($p > 0.05$); solamente se aprecia una relación significativa entre el parámetro nitrógeno amoniacal y caudal ecológico con un valor de $p = 0.002 < 0.05$ y una correlación negativa r de Pearson de - 0,489, es decir que a medida que el caudal ecológico incremente el contenido de nitrógeno amoniacal en la cuenca estará en la tendencia a disminuir.

Otro de los estándares de calidad de agua en los cuales se aprecia una relación significativa es entre el parámetro Plomo y el caudal ecológico con un valor de $p = 0.007 < 0.05$ y una correlación negativa r de Pearson de – 0,276 del cual se identifica que a medida que el caudal ecológico vaya en incremento el contenido de plomo en el río Huarocondo tenderá a disminuir logrando una recuperación del ecosistema.

4.2. Discusión

En relación al primero objetivo específico del estudio, los resultados del análisis físico químico para agua, mostraron una variación entre los periodos 2019 – 2020. En cuanto al parámetro aceites y grasas (mg/l) durante el periodo 2019 fue de 6.27 mg/l y para el periodo 2020 de 5.03 mg/l). Referido a la demanda bioquímica de oxígeno, en el periodo 2019 fue de 6.13 mg/l y para el año 2020 disminuyo a 4.93 mg/l. Para el contenido de nitrógeno amoniacal, se vio una diminución entre lo muestreado el 2019 (11.93 mg/l) a lo obtenido el 2020 (9.13 mg/l). En oxígeno disuelto, se dio un incremento de 0.14 mg/l entre el periodo 2019 (6.29 mg/l) al periodo 2020 (6.43 mg/l). Respecto a sólidos disueltos totales, se evidenció una diminución de 118.30

mg/l entre lo reportado el 2019 (1351.00 mg/l) a lo obtenido el 2020 (1232.70 mg/l). En sólidos suspendidos totales, se vio una variación de 6.01 mg/ con un valor promedio de 16.29 mg/l; en nitrógeno total, los valores fueron en el periodo 2019 de 40.40 mg/l y para el periodo 2020 disminuyó a 36.37 mg/l. En cuanto al contenido de fosfatos, se dio un incremento de 0.01 mg/l entre el periodo 2019 (0.03 mg/l) y el periodo 2020 (0.04 mg/l). En el contenido de plomo en el medio acuático, se visualizó una disminución de 0.02 mg/l del periodo 2019 a 0.01 mg/l en el periodo 2020. Referido al parámetro Zinc, se obtuvo según los análisis una disminución de 0.45 mg/l del periodo 2019 (1.07 mg/l) a 0.62 mg/l en el periodo 2020.

Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (**MINAM, 2017**), se aprueba los estándares de calidad ambiental para agua y establece disposiciones complementarias. De acuerdo a estos estándares, en función a los resultados obtenidos, los parámetros aceites y grasas, nitrógeno amoniacal, sólidos disueltos totales, nitrógeno total, plomo y zinc se encuentran por encima de los ECAs establecidos por el MINAM. Los parámetros demanda bioquímica de oxígeno, Oxígeno disuelto, Sólidos suspendidos totales y fosfatos, se encuentran por debajo de los ECAs – MINAM. El único parámetro que se encuentra dentro de los parámetros fue pH.

Al encontrar estos valores por encima de lo establecido por el MINAM, se visualiza un nivel de contaminación en el río Huarocondo, el mismo que representa un grave problema no solo para la fauna y flora incluso así mismo para la población que vive en la ribera del río y que depende de la agricultura para su subsistencia, por lo cual el análisis fisicoquímico permite evaluar la calidad de agua.

Carhuamaca (2020) en su investigación realizada determina que el análisis fisicoquímico permitió la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes en diferentes puntos

de muestreo, lo cual resulta importante a fin de poder conocer si los valores se encuentran por debajo o encima de los parámetros permitidos por el **MINAM**.

Referido al segundo objetivo específico de estudio, el caudal medio mensual del río Huarocondo tuvo un comportamiento variado durante determinados periodos del año, teniendo en la época de sequía (julio – setiembre) un caudal ecológico mínimo de 0.19 m^3/s, y un caudal ecológico máximo es de 19.84 m^3/s en el mes de octubre.

Alvarez y Huaman (2022), la implementación de un régimen de caudal, o caudal ecológico, es fundamental para asegurar el volumen de agua necesario que sostenga los ecosistemas fluviales. Este caudal está directamente influenciado por las precipitaciones, las cuales, a su vez, experimentan variaciones debido al cambio climático, impactando las características estacionales. Por lo tanto, el caudal ecológico funciona como una herramienta de gestión clave para determinar la cantidad de agua requerida para preservar los ecosistemas acuáticos que proveen bienes y servicios esenciales a la sociedad.

En cuanto al tercer objetivo específico de investigación, se determinó que los estándares de calidad del agua no tienen relación significativa con el caudal ecológico en la cuenca del río Huarocondo a un 95% de significancia ($p > 0.05$), lo cual muestra que el contenido a nivel de los diferentes parámetros evaluados no mostrará mayor influencia según aumente o disminuya el caudal ecológico, lo cual muestra que el factor importante para esta disminución es la cultura ambiental.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En torno a los objetivos establecidos al comienzo de la investigación, se han arribado a las siguientes conclusiones:

1. Sobre la variación de los estándares de calidad para agua en la cuenca del río Huarocondo se realizó el análisis físico químico para agua, el cual mostró una variación entre los periodos 2019 – 2020, los resultados del análisis físico químico son superiores a lo establecido por los ECA – Estándares de Calidad Ambiental para Agua
2. Referido a la variación del caudal ecológico en la cuenca del río Huarocondo, se visualizó que el caudal medio mensual tuvo un comportamiento variado durante determinados periodos del año, apreciándose que de acuerdo a la resolución jefatural N° 267-2019 – ANA el caudal ecológico mínimo en la época de sequía (julio – setiembre) es de 0.19 m3/s, así mismo el caudal ecológico máximo es de 19.84 m3/s en el mes de octubre.
3. Respecto a la relación entre los estándares de calidad del agua y el caudal ecológico en la Microcuenca del río Huarocondo, se determinó que no tienen relación significativa con el caudal ecológico. no muestra mayor influencia según aumente o disminuya el caudal ecológico, lo cual muestra que el factor importante para que los componentes del agua estén mayor al límite permisible es la falta de cultura ambiental de los pobladores del distrito.

Recomendaciones

1. Los resultados del análisis físico químico son superiores a lo establecido por los ECA – Estándares de Calidad Ambiental para Agua, se recomienda capacitar en temas de educación ambiental a los usuarios del distrito de tal forma puedan realizar un uso adecuado y sostenible del recurso hídrico.
2. Se recomienda brindar capacitación en el uso adecuado de pesticidas agrícolas de tal manera se pueda evitar la contaminación del agua.
3. Se recomienda efectuar labores de forestación de la ribera del río Huarocondo, de tal forma permita oxigenar las aguas que transcurren toda la cuenca.
4. Se recomienda efectuar gestiones orientadas a la construcción de pozos de oxidación para el tratamiento de aguas servidas.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarez, J., & Huamán, J. (2022). *Modelos hidrológicos para la estimación de caudal ecológico*. Manglar, 19(2), 201-207. Recuperado de 15 de https://doi.org/10.17268/manglar.2022.025

Arellano, M.; Vásconez, M.; Mancheno, A.; Álvarez, C.; Cevallos, C. y Ortiz, L. (2019). *Cuencas hidrográficas*. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador.

ANA. (2009). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú (ICA–PE).* Lima: Minagri. Disponible en: http://observatoriochirilu.ana.gob.pe/sites/default/files/Archivos/propuesta_metodologia_ica-pe.pdf:

Araujo, L., & Sarmiento, A. (2020). *Cálculo del caudal ecológico usando los métodos hidrológicos, hidráulicos y simulación de hábitat en la cuenca del Río Rímac. Lima*: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Recuperado de https://repositorioacademico.upc.edu.pe

Baeza, D., & Vizcaíno, P. (2008). *Estimación de caudales ecológicos en dos cuencas de Andalucía. Uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas*. Revista Ecosistemas, 17(1), 24-36. Recuperado de https://revistaecosistemas.net

Camargo, I. y Mariscal, K. (2012). *Escasez de agua: en busca de soluciones normativas*. Economía informa. (374) 63

Dourojeanni, A., Jouravlev, A. y Chávez, G. (2002). *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*.

Carranza, F. (2017). *Evaluación de la calidad de aguas y efluentes líquidos, minero-metalúrgicos, en minas de Arcata*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima : Universidad Nacional Federico Villarreal, 2017.

Chavez, D., & Palomino, J. (2022). *Caracterización hidrogeológica y categorización de las fuentes de agua según los estándares de calidad ambiental en el caserío Cumbe Chontabamba*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Recuperado de https://repositorio.upn.edu.pe

Chuquilín, C. (2017). *Evaluación de la calidad del agua con estándares de calidad ambiental para el agua, categoría 4, en la microcuenca del Río Grande, Caserío Río Grande*. Cajamarca: Universidad Alas Peruanas. Recuperado de https://repositorio.uap.edu.pe

Consuegra, C. (2013). *Síntesis metodológica para la obtención de caudales ecológicos (Qe), resultados y posibles consecuencias*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Recuperado de https://repositorio.escuelaing.edu.co

Cordova, M. (2017). *Calidad del agua enla microcuenca del río Challhuahuacho comparado con los estándares de calidad ambiental para riego y bebedero en la zona de Challhuahuacho*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperado el 17 de Enero de 2024, de https://repositorio.unc.edu.pe

Diez, J., & Burbano, L. (Abril de 2006). *Técnicas avanzadas para la evaluación de caudales ecológicos en el ordenamiento sostenible de cuencas hidrográficas.* Revista de Ingeniería e Investigación., 26(1), 58-68. Recuperado de https://www.redalyc.org

Eugenio, J., & Ordóñez, B. (2012). De la Lanza Espino, G., et al. (2012). *Medición del caudal ecológico del río Acaponeta, Nayarit, comparando distintos intervalos de tiempo*. Inv.Geogr., 74, 62-74.

García, E. (2023). *Desarrollo de una metodología para estimar caudales ecológicos con fines de planificación hídrica aplicada en la cuenca del Río Pisco*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de https://repositorio.lamolina.edu.pe

García, R. (2021). *Gestión de proyectos de inversión pública y estándares de calidad ambiental en la Dirección Regional de Agricultura San Martín, 2021*. Tarapoto: Universidad César Vallejo. Recuperado de https://repositorio.ucv.edu.pe

Izquierdo, J., & Verástegui, S. (2017). *Concentración de metales pesados (As, Cd, Cr, Hg y Pb) en el agua de la Cuenca Baja del río Jequetepeque, en relación a los estándares de calidad del agua*. Cajamarca: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. Recuperado de http://repositorio.upagu.edu.pe

Laura, J. (2019). *Gestión de la calidad del agua del río Chili mediante el empleo de índices físico químicos de calidad ambiental, Arequipa*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Recuperado de https://repositorio.unsa.edu.pe

Loayza, J., & Cano, P. (2015). *Impacto de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua de la subcuenca del río Shullcas*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de https://repositorio.uncp.edu.pe

Madroñero, S., & Mafla, F. (2013). *Caudales ecológicos y su relación con el cambio y la variabilidad climática.* Revista Unimar(61), 61-67. Recuperado de https://revistas.umariana.edu.co

Marraco, G., Hillman, G., Cabido, D., Pagot, M., Pozzi, C., Plencovich, G., Juncos, R., Rodriguez, A., & Farias, H. D. (2010). *Estudio de caudal ecológico para sistemas del río dulce y sus humedales*. 1-29.

Mendoza, A. (2022). *Influencia de la actividad acuícola en la calidad ambiental del agua, mediante la determinación de la carga orgánica, Moyobamba 2021*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín. Recuperado de https://tesis.unsm.edu.pe

MINAM (2017). *DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM - Aprueban estándares de calidad ambiental para agua y disposiciones complementarias.* Normas legales del diario nacional El Peruano.

Mulato, B. (2021). *Evaluación de la calidad del agua en el área de influencia del ex botadero de residuos sólidos del centro poblado de Pampachacra, distrito de Huancavelica-2021*. Huancayo: Universidad Continental. Recuperado de https://repositorio.continental.edu.pe

Paredes, I. y Gaibor, J. (2019). *Análisis fisicoquímico de aguas - Manual de procedimientos.* Universidad Estatal de Bolivar. Guaranda - Ecuador.

Rincón, A. (2004). *Aplicación del modelo IHRA para calcular el caudal ecológico en la cuenca del Río Lenguazaque*. Bogotá: Universidad de la Salle. Recuperado de https://ciencia.lasalle.edu.co

Romero, D. (2017). *Gestión social en el plan de cierre de minas U.E.A. Americana Cía. Minera Casapalca S. A. Huarochirí – Lima, como estrategia para el desarrollo sostenible*. Tesis (Doctor en Medio ambiente y desarrollo sostenible). Lima : Universidad Nacional Federico Villarreal, 2017,135 pp.

Tapia, W. (2017). *Monitoreo ambiental de la planta chancadora Llaminuyo – Imata.* Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2017, 111pp.

Ticona, O. (2021). *Análisis comparativos de las metodologías para estimar el caudal ecológico en la Bocatoma del brazo*. La Plata: Universidad Nacional de la Plata. Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar

Urmeneta, F. (2013). *Metodología para la determinación del caudal ecológico en estuarios: Aplicación en el estuario del Río Aysén*. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Recuperado de https://repositorio.uchile.cl

Weiss, N. (2012). *Agua y ordenamiento territorial*. Disponible en:http://repositorio.ana.gob.pe/xmlui/handle/ana/868.

Yupa, M. llbay, Albarrasín, P., & García, V. M.(2020a). *Determinación de caudales ecológicos en el río Cutuchi, Ecuador*. Revista Bases de La Ciencia. e-ISSN 2588-0764, 5(2), 33-52 .

Zambrano, J. (2023). *Características físicas y químicas de las aguas del Río Ronquillo influenciadas por factores externos, comparado con los estándares de calidad ambiental para consumo humano*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperado de https://repositorio.unc.edu.pe

ANEXOS

ANEXO 01: Resultados de análisis y evaluaciones de campo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

N°0527-19-LAQ

SOLICITANTE: NORMA TORRES DELGADO

TESIS : STANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA Y SU RELACION CON EL CAUDAL ECOLOGICO EN LA CUENCA DEL RIO HUAROCONDO 2018-ANTA-CUSCO.

MUESTRA : AGUAS

1.- PUENTE RIO HUAROCONDO
2.- ALTURA DE WAT'A
3.- RIO HUAROCONDO ENCUENTRO RIO VILCANOTA.

DISTRITO : HUAROCONDO

PROVINCIA : ANTA

REGION : CUSCO

FECHA : C/10/09/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	1	2	3
pH	7.86	7.95	8.50
Sales Solubles Totales ppm	1350.00	1452.00	2466.00
Solidos Suspendidos ppm	35.80	10.40	11.70
Oxígeno Disuelto ppm	6.70	6.22	5.96
DBO_5 ppm	4.90	5.80	7.70
Nitrógeno Total ppm	31.50	36.90	52.80
Nitrógeno (NH_3) ppm	12.50	10.40	12.90
Aceites y Grasas ppm	2.50	4.10	12.20
Fosfatos ppm	0.022	0.029	0.049
Plomo ppm	0.015	0.015	0.019
Zinc ppm	0.64	0.78	1.80

ANALISIS DEL AGUA, JEAN RODIER. 9ª EDICION

Cusco, 23 de Setiembre 2019

LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO

Mg. Aquiles Herrera Arteaga
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

UNSAAC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0153-20-LAQ

SOLICITANTE: NORMA TORRES DELGADO

TESIS : STANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA Y SU RELACION CON EL CAUDAL ECOLOGICO EN LA CUENCA DEL RIO HUAROCONDO 2018-ANTA-CUSCO

MUESTRA : AGUAS

1.- PUENTE RIO HUAROCONDO
2.- ALTURA DE WAT'A
3.- RIO HUAROCONDO ENCUENTRO RIO VILCANOTA

DISTRITO : HUAROCONDO

PROVINCIA : ANTA

REGION : CUSCO

FECHA : C/10/06/2020

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	1	2	3
pH	7.35	8.10	8.26
Sales Solubles Totales ppm	1114.20	1206.90	1377.00
Solidos Suspendidos ppm	19.80	4.32	15.74
Oxígeno Disuelto ppm	6.17	6.49	6.64
DBO_5 ppm	4.20	4.80	5.80
Nitrógeno Total ppm	26.60	33.50	49.00
Nitrógeno (NH_3)	8.80	9.10	9.50
Aceites y Grasas ppm	2.10	5.60	7.40
Fosfatos ppm	0.031	0.035	0.052
Plomo ppm	0.010	0.010	0.014
Zinc ppm	0.44	0.56	0.86

ANALISIS DEL AGUA, JEAN RODIER, 9ºEDICION.

Cusco, 08 de Julio 2020

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios Analisis
Herrera Artica
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO

PUENTE RÍO HUAROCONDO				PUENTE HUAT"A - RIO HUAROCONDO				ENCUENTRO RÍO HUAROCONDO / VILCANOTA			
PROFUNDIDAD CM.	ANCHO	TIEMPO	LARGO	PROFUNDIDAD CM.	ANCHO	TIEMPO	LARGO	PROFUNDIDAD CM.	ANCHO	TIEMPO	LARGO
MES DE JULIO - 2019											
MD: 68 MEDIO. =30 MI: 20	7.8 M	00 MIN 27" 01 00 MIN 15" 10 00 MIN 16" 79 00 MIN 18" 63 00 MIN 18" 42	25 M	66 12 13	9 M	00 MIN 28" 55 00 MIN 21" 15 00 MIN 14" 38 00 MIN 24" 86	25 M	18 38 26	10.15 M	00 MIN 54" 50 00 MIN 52" 07 01 MIN 01" 12 01 MIN 00" 51 01 MIN 01" 26	25 M
MES DE AGOSTO - 2019											
89 40 12.5	9.40 M	2 MIN 05" 08 2 MIN 35" 07 2 MIN 04" 69 2 MIN 19" 29	25 M	50 56 60	10.5 M	00 MIN 43 51" 00 MIN 47 49" 00 MIN 42 14" 00 MIN 43 67" 00 MIN 43 67"	25 M	20 23 17	8.00 M	58 MIN 57" 53 MIN 69" 50 MIN 65" 1 MIN 07" 37	25 M
MES DE SETIEMBRE - 2019											
35 32 27	9.25 M	2 MIN 18" 05 3 MIN 14" 88 2 MIN 08" 52 1 MIN 29" 90	25 M	60 28 79	9.2 M	1 MIN 1" 84 1 MIN 16" 26 1 MIN 32" 27 1 MIN 17" 65 1 MIN 36" 98	25 M	34 50 20	7.00 M	1 MIN 42" 88 2 MIN 07" 88 1 MIN 48" 11 1 MIN 31" 46 1 MIN 13" 12	25 M
MES DE OCTUBRE - 2019											
7 19.5 13	9.6 M	00 MIN 39" 31 00 MIN 39" 84 00 MIN 36" 69 00 MIN 33" 51	25 M	15 86 84	10.3 M	00 MIN 20" 44 00 MIN 21" 70 00 MIN 29" 18 00 MIN 27" 14	25 M	28 78 44	6.7 M	00 MIN 15" 05 00 MIN 18" 36 00 MIN 16" 14 00 MIN 20" 00	25 M
MES DE NOVIEMBRE - 2019											
39 41 69	10.27 M	0 MIN 28" 33 0 MIN 31" 88 0 MIN 34" 00 0 MIN 28" 06 0 MIN 26" 80	25 M	15 76 94	10.74 M	00 MIN 18" 44 00 MIN 23" 52 0 MIN 18" 32 0 MIN 20" 54 0 MIN 20" 73	25 M	150 44 13.5	9.78 M	00 MIN 11" 98 00 MIN 12" 24 00 MIN 11" 64 00 MIN 11" 60 00 MIN 15" 29	25 M
MES DE DICIEMBRE - 2019											
30 80 70	10.7 M	00 MIN 07"72 00 MIN 08" 50 00 MIN 09" 02 00 MIN 08" 57 00 MIN 07" 91	25 M	30 67 115	11.80 M	00 MIN 15" 81 00 MIN 16" 89 00 MIN 13" 49 00 MIN 17" 61 00 MIN 16" 93	25 M	68 230 66	13.50 M	00 MI9N 47" 38 00 MIN 56" 82 00 MIN 53" 74 1 MIN 06" 21 01 MIN 18" 23	25 M
MES DE ENERO - 2020											
110 90 85	10. 80 M	00 MIN 9" 55 00 MIN 9" 61 00 MIN 11" 95 00 MIN 09" 41 00 MIN 10" 32	25 M	26 74 118	12.00 M	00 MIN 10" 46 00 MIN 13" 27 00 MIN 16" 32 00 MIN 16" 98 00 MIN 11" 43	25 M	94 58 149	13. 30 M	00 MIN 46" 45 00 MIN 38" 06 00 MIN 36" 83 00 MIN 40" 11 00 MIN 41" 37	25 M
MES DE FEBRERO - 2020											
78 160 100	10.8 M	00 MIN 08" 36 00 MIN 06" 72 00 MIN 05" 89 00 MIN 06" 14 00 MIN 05" 94	25 M	73 130 150	12.10 M	00 MIN 08" 15 00 MIN 12" 90 00 MIN 11" 06 00 MIN 07" 32 00 MIN 09" 74	25 M	55 130 180	13.38 M	00 MIN 18" 45 00 MIN 18"52 00 MIN 24" 65 00 MIN 25" 51 00 MIN 25" 64	25 M
MES DE MARZO - 2020											
61.1 154 89	9.3 M	00 MIN 9" 23 00 MIN 9" 15 00 MIN 10" 02 00 MIN 09" 21 00 MIN 10" 02	25 M	68 98 107	11.18 M	00 MIN 18" 12 00 MIN 14" 43 00 MIN 17" 24 00 MIN 17" 19 00 MIN 16" 51	25 M	56 137 128	11.27 M	00 MIN 28" 35 00 MIN 29" 15 00 MIN 32" 03 00 MIN 29" 18 00 MIN 33" 14	25 M
MES DE ABRIL - 2020											
64.8 86 90	9.31 M	00 MIN 8" 08 00 MIN 8" 02 00 MIN 7" 49 00 MIN 8" 11 00 MIN 7" 65	25 M	66 99 115	11 M	00 MIN 16" 00 00 MIN 15" 32 00 MIN 14" 58 00 MIN 16" 02 00 MIN 15" 24	25 M	58 98 119	10.88 M	00 MIN 26" 06 00 MIN 25" 23 00 MIN 25" 17 00 MIN 26" 17 00 MIN 25" 14	25 M
MES DE MAYO - 2020											
66 49 53	8.6 M	00 MIN 16" 08 00 MIN 16" 42 00 MIN 15" 57 00 MIN 16" 02 00 MIN 15" 48	25 M	64 90 98	9.70 M	00 MIN 18" 36 00 MIN 19" 02 00 MIN 18" 41 00 MIN 18" 46 00 MIN 19" 17	25 M	43 60 77	10.42 M	00 MIN 39" 18 00 MIN 40" 36 00 MIN 39" 58 00 MIN 41" 05 00 MIN 41" 16	25 M
MES DE JUNIO - 2020											
71 36 23	8.00 M	00 MIN 23" 01 00 MIN 19" 18 00 MIN 21" 12 00 MIN 20" 65 00 MIN 22" 03	25 M	60 86 94	8.9 M	00 MIN 24" 12 00 MIN 21" 48 00 MIN 20" 56 00 MIN 23" 08 00 MIN 23" 17	25 M	20 42 27	10.2 M	00 MIN 47" 02 00 MIN 36" 59 00 MIN 39" 38 00 MIN 45" 08 00 MIN 43" 45	25 M

ANEXO 02: Decreto Supremo N° 004 – 2017 - MINAM

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

DECRETO SUPREMO
N° 004-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y organos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo Nº 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo Nº 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo Nº 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial Nº 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley Nº 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

- B1. Contacto primario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales

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

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

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

3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos

- Estuarios

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

- Marinos

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precísese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.

d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

5.2 La aplicación de los ECA para Agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

Artículo 6.- Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

En aquellos cuerpos naturales de agua que por sus condiciones naturales o, por la influencia de fenómenos naturales, presenten parámetros en concentraciones superiores a la categoría de ECA para Agua asignada, se exceptúa la aplicación de los mismos para efectos del monitoreo de la calidad ambiental, en tanto se mantenga uno o más de los siguientes supuestos:

a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que influyen en la calidad ambiental de determinados cuerpos naturales de aguas superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos científicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.

b) Ocurrencia de fenómenos naturales extremos, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías) de sustancias o elementos que componen el cuerpo natural de agua, las cuales deben ser reportadas con el respectivo sustento técnico.

c) Desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento excesivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto, se debe demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes, mediante estudios técnicos científicos aprobados por la autoridad competente.

d) Otras condiciones debidamente comprobadas mediante estudios o informes técnicos científicos actualizados y aprobados por la autoridad competente.

Artículo 7.- Verificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fuera de la zona de mezcla

7.1 En cuerpos naturales de agua donde se vierten aguas tratadas, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, entendida esta zona como aquella que contiene el volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.

7.2 Durante la evaluación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes consideran y/o verifican el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, en aquellos parámetros asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

7.3 La metodología y aspectos técnicos para la determinación de las zonas de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y la autoridad competente.

Artículo 8.- Sistematización de la información

8.1 Las autoridades competentes de los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión y/o fiscalización ambiental remitirán al Ministerio del Ambiente la información generada en el desarrollo de estas actividades con relación a la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, a fin de que sirva como insumo para la elaboración del Informe Nacional del Estado del Ambiente y para el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

8.2 La autoridad competente debe remitir al Ministerio del Ambiente la relación de aquellos cuerpos naturales de agua exceptuados de la aplicación del ECA para Agua, referidos en los literales a) y c) del artículo 6 del presente Decreto Supremo, adjuntando el sustento técnico correspondiente.

8.3 El Ministerio del Ambiente establece los procedimientos, plazos y los formatos para la remisión de la información.

Artículo 9.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, el Ministro de Agricultura y Riego, el Ministro de Energía y Minas, la Ministra de Salud, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Agua se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

Segunda.- Del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua

Las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua debe realizarse de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

Tercera.- Métodos de ensayo o técnicas analíticas

El Ministerio del Ambiente, en un plazo no mayor a seis (6) meses contado desde la vigencia de la presente norma, establece los métodos de ensayo o técnicas analíticas aplicables a la medición de los ECA para Agua aprobados por la presente norma, en coordinación con el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y las autoridades competentes.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental y/o plan integral en trámite ante la Autoridad Competente

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o plan integral ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Agua vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Agua aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

Segunda.- De la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas

Para la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, la Autoridad Nacional del Agua, tomará en cuenta los ECA para Agua considerados en la aprobación del instrumento de gestión ambiental correspondiente.

Tercera.- De la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados

En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del

recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derogación de normas referidas a Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO_3) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO_2) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C_5 - C_{40})	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(a)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodiclorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroeteno	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroeteno	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroeteno	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrín + Dieldrín	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrín	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epoxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	$<5x10^4$	$<5x10^5$

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).
(b) Después de la filtración simple.
(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO_3^--N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3^-).

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos-N (NO_2^--N), multiplicar el resultado por el factor 3.28 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO_2^-).

(e) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodiclorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente formula:

$$\frac{Cloroformo}{ECAcloroformo} + \frac{Cdibromoclorometano}{ECAdibromoclorometano} + \frac{Cbromodiclorometano}{ECAbromodiclorometano} + \frac{Cbromoformo}{ECAbromoformo} \leq 1$$

Dónde:

C= concentración en mg/L y
ECA= Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodiclorometano).

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.
Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 1:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO_3^--N)	mg/L	10	**
Nitritos (NO_2^--N)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
Giardia duodenalis	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
Salmonella spp	Presencia/100 ml	0	0
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

Nota 2:

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
FÍSICOS- QUÍMICOS					
Aceites y Grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	**	10	10	10
Fosforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO_3^-) (c)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	6,0-8,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoniaco Total (NH_3)	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0052	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
Bifenilos Policlorados					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
ORGANOLÉPTICO					
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 14 (área aprobada) (d)	≤ 30	1 000	200
	NMP/100 ml	≤ 88 (área restringida) (d)			

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO_3^--N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3^-).

(d) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

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

Nota 3:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoniaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3).

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoniaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoniaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniaco-N (NH_3-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoniaco (NH_3).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO_3-N) + Nitritos (NO_2-N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO_2-N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5		6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paration	µg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrín	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrín	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrín	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

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

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

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fosforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO_3) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH_3)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxigeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrín	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrín	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000038
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLOGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).
(b) Después de la filtración simple.
(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO_3^--N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3^-).
Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 5:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoniaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

(2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoniaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3).

Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoniaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3)

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Salinidad 10 g/kg								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,60	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,78	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,80	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 20 g/kg								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,60	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0, 41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 30 g/kg								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	3,10	1,80	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

Notas:

(*)El estándar de calidad de Amoniaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniaco-N (NH_3-N), multiplicar el resultado por el factor 1.22 para expresarlo en las unidades de Amoniaco (NH_3).

NOTA GENERAL:

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.
- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.
- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1529835-2

ANEXO 03: Caudal Ecológico (Resolución Jefatural N° 267-2019 - ANA)

REPUBLICA DEL PERU

CUT: 212453-2019

RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 267 -2019-ANA

Lima, 05 DIC. 2019

VISTOS:

Los Informes N° 311-2019-ANA-DCERH y 285-2019-ANA-DCERH de la Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos, y el Informe Legal N° 1015-2019-ANA-OAJ de la Oficina de Asesoría Jurídica; y,

CONSIDERANDO:

Que, conforme a lo previsto en el artículo 15 numeral 3 de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, es función de la Autoridad Nacional del Agua, dictar normas y establecer procedimientos para asegurar la gestión integral y sostenible de los recursos hídricos;

Que, el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG, en el artículo 153 establece que Caudal Ecológico es el volumen de agua que debe mantenerse en la fuente natural de agua, para la protección o conservación de los ecosistemas involucrados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico;

Que, asimismo en el artículo 155 del Reglamento en mención dispone que, la Autoridad Nacional del Agua en coordinación con el Ministerio del Ambiente, establece las metodologías para determinar los caudales ecológicos, con participación de las autoridades competentes, en función a las particularidades de cada curso y cuerpo de agua y los objetivos específicos a ser alcanzados;

Que, en ese sentido, se aprueba la Metodología para determinar Caudales Ecológicos, mediante Resolución Jefatural N° 154-2016-ANA rectificada con Resolución Jefatural N° 206-2016-ANA;

Que, la Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos propone sustituir la Metodología vigente, en ese sentido, con Resolución Jefatural N° 118-2019-ANA se dispuso la publicación de la propuesta "Lineamientos generales para determinar caudales ecológicos" por el plazo de diez (10) días, a fin de recibir los aportes y comentarios respectivos;

Que, la propuesta "Lineamientos generales para determinar caudales ecológicos" cuenta con la opinión favorable del Ministerio del Ambiente la que mediante Oficio N° 00211-2019-MINAM/VMGA/DGPIGA remite el Informe N° 00283-2019-MINAM/VMGA/DGPIGA que concluye que la propuesta de Lineamientos es concordante con las disposiciones del Sistema Nacional de Evaluación e Impacto Ambiental (SEIA) y del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA), dando cumplimiento con ello a lo previsto en el artículo 155 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, según el cual la Autoridad Nacional del Agua establece las metodologías para determinar los caudales ecológicos, en coordinación con el Ministerio del Ambiente;

Que, con Informes de vistos, la Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos remite la propuesta "Lineamientos generales para determinar caudales ecológicos" que consolida los aportes y comentarios recibidos durante la etapa de publicación, indicando que la propuesta cuenta con la opinión favorable del MINAM, por lo que solicita su aprobación;

Que, en consecuencia, resulta necesario aprobar los "Lineamientos generales para determinar caudales ecológicos" a efectos de contar con un instrumento que permita contar con criterios técnicos aplicables para determinar caudales ecológicos con fines de planificación hídrica, acreditación de disponibilidad hídrica para diferentes proyectos, así como la protección y conservación del ecosistema; y,

Estando a lo opinado por la Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos, con los vistos de la Gerencia General, la Dirección de Administración de Recursos Hídricos, la Oficina Asesoría Jurídica, y en uso de las facultades conferidas a este Despacho en el artículo 12 del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por Decreto Supremo N° 018-2017-MINAGRI;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Aprobación

Apruébese los "Lineamientos generales para determinar caudales ecológicos" que consta de trece (13) artículos, una (1) Disposición Complementaria Transitoria, y dos (2) anexos que forman parte integrante de la presente resolución.

Artículo 2.- Derogación

Deróguese la "Metodología para determinar Caudales Ecológicos" aprobada por Resolución Jefatural N° 154-2016-ANA y su rectificación dada por Resolución Jefatural N° 206-2016-ANA.

Artículo 3.- Publicación

Publíquese la presente resolución en el Diario Oficial El Peruano y la Metodología aprobada mediante la presente resolución en el portal web de la Autoridad Nacional del Agua: www.ana.gob.pe.

Regístrese, comuníquese y publíquese,

AMARILDO FERNANDEZ ESTELA
Jefe
Autoridad Nacional del Agua

LINEAMIENTOS GENERALES PARA DETERMINAR CAUDALES ECOLÓGICOS

TITULO I
DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Objeto

Establecer las metodologías y los criterios técnicos aplicables para la determinación de caudales ecológicos, de acuerdo a las disposiciones establecidas en la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG.

Artículo 2.- Finalidad

Contribuir en la protección y conservación de las fuentes naturales de agua y los ecosistemas involucrados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico o cultural conciliando las necesidades de agua del ecosistema y de los usuarios del agua.

Artículo 3.- Ámbito de aplicación

La presente norma es de aplicación a nivel nacional y de cumplimiento obligatorio por las Autoridades Administrativas del Agua, Administraciones Locales de Agua, Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca, y por las personas naturales o jurídicas, de derecho público o privado, en el marco de procedimientos administrativos vinculados a la aprobación de caudales ecológicos; con fines de acreditación de disponibilidad hídrica para todo tipo de uso (proyectos de inversión pública, privados, sujetos o no al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental - SEIA), y para la planificación de los recursos hídricos en los ámbitos de cuencas, con fines de protección y conservación del ecosistema acuático.

Artículo 4.- Aspectos que deberá contemplar el caudal ecológico

El caudal ecológico deberá contemplar las particularidades de cada curso o cuerpo de agua y los objetivos específicos a ser alcanzados en la cuenca, subcuenca, tramo, subtramos o área del cuerpo natural de agua, con la finalidad de conciliar las necesidades de agua del ecosistema y de los usuarios de agua. En ese sentido, se determinará un régimen hidrológico adecuado para el mantenimiento de los procesos ecológicos del ecosistema acuático y la conservación de los cauces de los mismos. Dado que el caudal ecológico presenta variaciones a lo largo del año, en cuanto a su cantidad y calidad deberá determinarse de manera mensual.

Artículo 5.- Ejercicio de derechos de uso de agua

5.1. La determinación de caudales ecológicos efectuada a mérito de la presente norma, no afecta el ejercicio, ni las condiciones de la disponibilidad hídrica y los derechos de uso de agua otorgados con anterioridad a su entrada en vigencia.

5.2. En aquellas fuentes naturales de agua y/o caudales de trasvase en las que luego de descontar los caudales mensuales correspondientes a los derechos de uso de agua otorgados, éste resulte igual o menor al caudal ecológico aprobado en determinados meses; no se otorgarán nuevos derechos de agua en dichos meses.

5.3. Cualquier titular de un proyecto de inversión que considere su intervención y/o ejecución en un cuerpo de agua con un caudal ecológico ya aprobado, y cuando la disponibilidad de agua de la fuente no satisface las necesidades de agua del proyecto, el titular deberá realizar las infraestructuras hidráulicas necesarias para garantizar las necesidades de agua del proyecto y no afectar el referido caudal ecológico.

TITULO II
APROBACION DEL CAUDAL ECOLÓGICO

Artículo 6.- Estudios para la aprobación del caudal ecológico

6.1. Los estudios de caudal ecológico elaborados en el marco de la evaluación de un Instrumento de Gestión Ambiental (IGA), deberán considerar lo siguiente:

a) Proyectos clasificados como categoría I: Declaración de Impacto Ambiental (DIA), se realizará el estudio técnico de caudal ecológico aplicando el Método Hidrológico - Hidráulico (ver Anexo I).
b) Proyectos clasificados como categoría II: Estudio de Impacto Ambiental Semi Detallado (EIA-sd) o categoría III: Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d), se realizará el estudio técnico de caudal ecológico aplicando el Método de Simulación de Hábitat u Holístico (ver Anexo II).
c) Excepcionalmente, en el caso que no se modifiquen o alteren cuerpos naturales de agua y sus bienes asociados, en cantidad, calidad y temporalidad de manera significativa, el administrado podrá aplicar el Anexo I aun cuando el proyecto haya sido clasificado en la categoría II o III, según corresponda.

6.2. Los estudios de caudal ecológico elaborados por el administrado para la acreditación de disponibilidad hídrica mediante resolución de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA), deberán de contener como requisito la clasificación del proyecto, a fin de que el administrado seleccione el Anexo I o II según corresponda.

6.3. Para proyectos no comprendidos en el listado de inclusión de proyectos de inversión comprendidos en el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, (Art. 23 del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental) o pequeños proyectos, el administrado presentará el estudio de caudal ecológico considerando el Anexo I, debiendo para ello coordinar con la AAA correspondiente el método a utilizar (Hidrológico - Hidráulico).

6.4. Cuando la AAA opte por determinar de oficio caudales ecológicos con fines de planificación de los recursos hídricos en los ámbitos de cuencas para la protección y conservación del ecosistema acuático, podrá utilizar el Anexo I o II, según sea el caso.

Artículo 7.- Determinación del caudal ecológico en áreas de protección especial

7.1. En caso, el caudal ecológico se determine dentro de áreas naturales protegidas y su correspondiente zona de amortiguamiento, o en áreas de conservación regional, el administrado o la AAA (de oficio), deberá coordinar previamente con el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) o el gobierno regional correspondiente, de ser el caso, con la finalidad de validar la selección de la especie clave u objetivos de conservación que dependen de los recursos hídricos, conforme a lo establecido en el Plan Maestro de dicha área protegida. Luego se procederá según lo indicado en el numeral 6 del presente lineamiento.

7.2. En caso, el caudal ecológico se determine en sitios Ramsar (humedales de importancia internacional), el administrado o la Autoridad (de oficio), deberá coordinar previamente con el Ministerio del Ambiente (MINAM), para mantener los criterios de designación de dicho sitio que dependen de los recursos hídricos, contenidos en la Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR). Luego se procederá según lo indicado en el numeral 6 del presente lineamiento.

Artículo 8.- Procedimiento para la aprobación del caudal ecológico
La Autoridad Administrativa del Agua (AAA) evalúa y aprueba el caudal ecológico, a través de los siguientes procedimientos:

8.1. Aprobación del caudal ecológico de oficio

La Autoridad Nacional del Agua (ANA), en el marco de sus funciones podrá determinar caudales ecológicos de oficio con fines de planificación de los recursos hídricos para la protección y conservación del ecosistema acuático. El caudal ecológico determinado será aprobado mediante resolución directoral de la AAA correspondiente.

8.2. Aprobación del caudal ecológico en el marco de proyectos de inversión sujetos al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), se encuentra contenido en la resolución que aprueba la acreditación de disponibilidad hídrica.

Los titulares de proyectos de inversión solicitarán la aprobación del caudal ecológico en la misma oportunidad que se tramita la acreditación de la disponibilidad hídrica mediante:

a) La opinión técnica favorable a la disponibilidad hídrica contenida en el instrumento de gestión ambiental.
b) El proceso de Certificación Ambiental Global "IntegrAmbiente".

8.3. Aprobación del caudal ecológico en pequeños proyectos

Para la acreditación de la disponibilidad hídrica superficial de pequeños proyectos, sus titulares presentarán el Anexo 7 del Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua y de Autorización de Ejecución de Obras en Fuentes Naturales de Agua aprobado por la Resolución Jefatural N°007-2015-ANA, o norma que lo sustituya. El caudal ecológico se aprueba en el mismo acto que otorga la acreditación de la disponibilidad hídrica mediante Resolución Directoral.

Artículo 9.- Sistematización de los estudios aprobados de caudales ecológicos

La Dirección del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos (DSNIRH), realiza la sistematización, en coordinación con la Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos (DCERH), de los estudios aprobados por las Autoridades Administrativas del Agua, los cuales deberán ser remitidos en formato digital a la DSNIRH, para su publicación en el portal de transparencia de la ANA.

TITULO III

CAUDALES ECOLÓGICOS Y PLANES DE GESTIÓN, APROVECHAMIENTO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA Y PROGRAMA DE MONITOREO

Artículo 10.- Incorporación de caudales ecológicos en los Planes de Gestión de Recursos Hídricos de Cuenca

Los caudales ecológicos aprobados conforme a las disposiciones del presente Lineamiento, deberán ser incorporados en los Planes de Gestión de Recursos Hídricos de Cuenca, según lo dispuesto en el artículo 153.5 y en concordancia con el artículo 31 literal f) del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos.

La AAA remite los estudios aprobados en su ámbito al Consejo de Recurso Hídrico de Cuenca para su incorporación en el Plan de Gestión de Recursos Hídricos de Cuenca.

Artículo 11.- Caudales Ecológicos y Planes de Aprovechamiento de las Disponibilidades Hídricas

Los Planes de Aprovechamiento de Disponibilidad Hídrica aprobados anualmente por las Autoridades Administrativas del Agua, deberán contemplar los caudales ecológicos aprobados, proporcionalmente a la caracterización anual del régimen hidrológico.

Artículo 12.- Programa de Monitoreo

12.1 Los estudios de caudal ecológico deben contener un programa de monitoreo, cuyos resultados serán reportados a la AAA correspondiente con una frecuencia trimestral, a partir del inicio de operaciones del proyecto.

12.2 La AAA a través de la Administración Local de Agua (ALA) correspondiente, realiza el monitoreo del caudal ecológico aprobado, ya sea de oficio o a través de la acreditación de disponibilidad hídrica, como parte de sus acciones de vigilancia y fiscalización en el marco de sus funciones, el cual será publicado y sistematizado por la DSNIRH.

Artículo 13.- Evaluación del caudal ecológico y medidas correctivas

13.1 De ser el caso, la Autoridad Administrativa del Agua podrá modificar el caudal ecológico aprobado según el presente Lineamento, en el marco de lo establecido en el artículo 11 y asimismo, en el caso de que si como resultado del programa de monitoreo de un periodo no menor de cinco años y de un informe técnico, se comprueba que la determinación de dicho caudal no está cumpliendo con la protección y conservación de los ecosistemas involucrados en la cuenca, subcuenca, tramo, subtramos o área del cuerpo natural de agua; o si las medidas correctivas aplicadas por el titular en el estudio, durante el mismo lapso, no son suficientes para preservar el ecosistema acuático.

13.2 Las medidas correctivas deberán estar incorporadas en el estudio de caudal ecológico presentado por el administrado. Para el caso de proyectos dentro del SEIA, las medidas correctivas serán las que están contenidas en el instrumento de gestión ambiental.

DISPOSICION COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

ÚNICA. - Procedimientos en trámite

Los procedimientos en trámite sobre acreditación de disponibilidad hídrica o determinación de caudal ecológico seguirán rigiéndose por las disposiciones vigentes a esa fecha hasta su conclusión.

Anexos

Anexo I: Contenido Mínimo del estudio para determinar el caudal ecológico aplicando el método Hidrológico - Hidráulico.

Anexo II: Contenido Mínimo del estudio para determinar el caudal ecológico aplicando el método de simulación de hábitat u holístico.

ANEXO I
CONTENIDO MÍNIMO DEL ESTUDIO PARA DETERMINAR EL CAUDAL ECOLÓGICO APLICANDO EL MÉTODO HIDROLÓGICO- HIDRÁULICO

La elaboración del estudio del caudal ecológico debe tener la estructura y contenido mínimo siguiente:

1. **Introducción**
   Presentar de forma resumida los antecedentes y la finalidad para el desarrollo del estudio.

2. **Localización y descripción del ámbito de estudio**
   Señalar el ámbito geográfico donde se determinará el caudal ecológico usando el sistema de coordenadas UTM, Dátum WGS84 y describir sus principales características, políticas, hidrográficas, biofísicas y socio-económicas. Se presentará el mapa general del área de estudio. Se debe hacer referencia a la existencia de derechos de uso de agua otorgados en la cuenca.

3. **Objetivo**
   Señalar el propósito por el cual se determinará el caudal ecológico en el ámbito del estudio (cuenca, subcuenca, tramo, subtramos, o área del cuerpo natural de agua superficial). El caudal ecológico deberá determinarse en función de las particularidades de cada curso o cuerpo de agua y los objetivos específicos que se deseen alcanzar.

4. **Definición de la unidad de análisis**
   Se deberá establecer la unidad de análisis, la cual puede ser por cuenca, subcuenca, tramo, subtramos, secciones o área del cuerpo natural de agua cuyo caudal ecológico será determinado.

4.1. Descripción de la unidad de análisis

Se describirá de manera general las características hidrográficas, hidrológicas, geomorfológicas, geodinámicas, ecológicas, calidad del agua y los servicios ecosistémicos asociados al cuerpo natural de agua superficial. Se presentará el mapa hidrográfico que mostrará claramente el cauce o la cubeta (vaso) del cuerpo de agua (según sea el caso) y otros bienes asociados al agua (Ley de Recursos Hídricos, artículo 6), sus afluentes, la ubicación de la infraestructura hidráulica existente, y derechos de agua entregados, incluyendo el registro fotográfico respectivo.

4.2. Evaluación del régimen hidrológico/hidráulico

En el caso de caudales en cursos de agua u otras fuentes naturales de agua como lagunas y humedales no intervenidos o alterados (por regulaciones o trasvases), se realizará el análisis de las variaciones hidrológicas respecto a las condiciones actuales del régimen hidrológico, para lo cual se usará la información histórica de estaciones hidrométrica disponible y modelos hidrológicos que permitan dicho análisis. La información hidrométrica podrá provenir de instituciones públicas o privadas. La información de caudales que se usará, debe tener como mínimo una serie temporal de 20 años, la cual podrá provenir de datos históricos y/o generados mediante modelamiento hidrológico.

Para todos los casos, se deberá describir todos los componentes que caracterizan el régimen hidrológico/hidráulico del cuerpo natural de agua, que incluirá información de los siguientes indicadores: caudal, frecuencia, duración,

velocidad, nivel del espejo de agua, entre otros. La información será presentada en varias escalas de tiempo (diario, mensual o interanual), dependiendo de la información base disponible. Se analizará el comportamiento interanual y estacional de los caudales. Deberá ponerse énfasis en evaluar el caudal base en periodos de estiaje.

Entre los métodos propuestos estarán los siguientes:

- Establecimiento de porcentaje; sobre la base de los registros de caudales medios mensuales históricos y/o generados se adoptará un porcentaje en función de las características del régimen hídrico del cuerpo de agua y su importancia ecológica, tomando como referencia el valor de 15% del caudal medio mensual como caudal ecológico.

- Método del perímetro mojado; asume que existe una relaciona entre la integridad del hábitat y el área húmeda del hábitat. Sobre la base de los registros de caudales medios mensuales históricos y/o generados, se construyen curvas de descarga versus perímetro mojado y se determina el caudal ecológico a partir de la relación existente entre los caudales circulantes y el perímetro mojado.

4.3. Caracterización geomorfológica y geodinámica

Se describirá de manera general los procesos de erosión, sedimentación, deslizamientos y derrumbes en el tramo, subtramos, secciones o área del cuerpo natural de agua motivo del estudio, la información en este ítem debe ser complementado con láminas y/o mapas correspondientes.

4.4. Caracterización de la calidad del agua

Se describirá de manera general la calidad del agua en el tramo, subtramos o área del cuerpo natural de agua motivo del estudio, se considerará de ser el caso la clasificación asignada y su categoría correspondiente dentro del Estándar de Calidad Ambiental para Agua vigente.

4.5. Caracterización hidrobiológica

Se describirán de manera general las comunidades hidrobiológicas, incluyendo la vegetación ribereña asociada al cuerpo natural de agua en el tramo, subtramos, secciones o área del cuerpo natural de agua superficial y sus bienes asociados vinculados a la determinación de caudal ecológico.

4.6. Identificación de actividades socio-económica asociada al cuerpo de agua

Se describirá de manera general las actividades económicas (pesqueras, turísticas, transporte, recreacionales, agrícola, industrial, etc.) o sociales en el tramo o subtramos y área del cuerpo natural de agua superficial motivo del estudio.

5. Descripción de la infraestructura hidráulica proyectada

De ser el caso, se deberá presentar una descripción de la infraestructura hidráulica proyectada en los cuerpos de agua y sus bienes asociados o que pudiera afectar a estos. En el caso de los proyectos de aprovechamiento hídrico, se describirá también la forma de operación del sistema hidráulico y se detallará las características de la infraestructura que permitirá la continuidad del flujo del agua y la conservación del ecosistema, y la infraestructura diseñada para garantizar y mantener la conectividad longitudinal y/o transversal del cuerpo de agua.

6. **Determinación del Caudal Ecológico**

La determinación del caudal ecológico se hará en base a los objetivos específicos determinados, los cuales a su vez estarán en función de la importancia ecológica y la presión de uso del recurso hídrico en el cuerpo natural de agua. Se empleará metodologías hidrológicas/hidráulicas, para determinar y sustentar los valores del caudal ecológico que se establecerá en la unidad de análisis seleccionada (cuenca, subcuenca, tramo, subtramos o área del cuerpo natural de agua), para el mantenimiento de los procesos ecológicos del ecosistema acuático y la conservación de los cauces y niveles de los mismos (según sea el caso).

La metodología seleccionada, deberá mostrar como mínimo aspectos de magnitud, frecuencia, duración, tasa de cambio y/o establecimiento de relaciones entre el caudal y características del cauce, entre ellos perímetro mojado, velocidad y profundidad máxima.

Para el caso de lagunas, se tomará como referencia los niveles alcanzados en la temporada estiaje, como nivel máximo de afectación en la intervención del cuerpo de agua. Para el caso de humedales se considerarán los patrones de inundación estacional conocido como hidroperiodo que define los niveles de agua o saturación de los mismos. Los resultados del caudal ecológico, deberán estar acompañados con los cuadros de su valor a nivel medio mensual, gráficos, mapas y fotografías.

7. **Reglas de Operación**

Las reglas de operación de la infraestructura hidráulica proyectada, deberán considerar el valor del caudal ecológico determinado con la finalidad de asegurar el mantenimiento de los procesos hidrológicos, geomorfológicos, geodinámicos y ecológicos del cuerpo natural del agua. Estos aspectos deberán ser considerados en la ingeniería del proyecto.

8. **Programa de Monitoreo**

Se deberá presentar el programa de monitoreo para el caudal ecológico determinado, que considere lo siguiente:

- Para el caso de pequeñas centrales hidroeléctricas, se realizará el monitoreo diario del caudal en un punto próximo ubicado aguas abajo del sistema de captación y sin existencia de afluentes, y otro en un punto del cauce ubicado en las cercanías (aguas arriba) de la descarga del agua turbinada.
- Para el caso de pequeños embalses o represas, el monitoreo diario se realizará en un punto ubicado aguas abajo de la presa, en la sección de entrega de la descarga al cauce.
- Para casos de cuerpos de agua como lagunas, se realizará el monitoreo de la variación de los niveles de la superficie o espejo de agua, mediante reglas limnimétricas o sensores; además deberán tenerse actualizado las batimetrías de los referidos cuerpos de agua; así como el monitoreo de la extensión de las lagunas u otros indicadores que pueda ser estimado mediante el uso de imágenes de satélite.
- Para casos de humedales, se realizará el monitoreo de la variación de los niveles de los espejos de agua superficiales y de los niveles de agua subterránea mediante reglas limnimétricas o sensores, y la instalación de piezómetros; así como el monitoreo de la extensión de los humedales u otros indicadores que puedan ser estimado mediante el uso de imágenes de satélite.
- Para el caso de la instalación de infraestructura de captación o derivación, se realizará el monitoreo diario en un punto ubicado aguas abajo de la misma.

- Para el caso del caudal ecológico determinado con fines de protección, se realizará el monitoreo diario en puntos relevantes del tramo, subtramos, secciones o área del cuerpo natural de agua.
- El titular del estudio deberá instalar las estaciones hidrométricas u otros instrumentos necesarios parar llevar a cabo los monitoreos anteriormente mencionados.
- Se evaluará la calidad del agua considerando la clasificación asignada y su categoría correspondiente dentro del Estándar de Calidad Ambiental para Agua. Se deberá incluir un análisis que relacione y evalúe la determinación del caudal ecológico con la calidad del agua del cuerpo natural de agua evaluado.

9. Evaluación del caudal ecológico y medidas correctivas

Debido a que el Plan de Monitoreo permitirá evaluar si la determinación del caudal ecológico está cumpliendo con los objetivos específicos establecidos para la cuenca, subcuenca, tramo, subtramos o área del cuerpo natural de agua, se deberán incluir en este ítem las medidas correctivas que se podrán aplicar con la finalidad de preservar el ecosistema acuático en el caso de que el caudal ecológico no esté cumpliendo con los objetivos establecidos. Las medidas correctivas para proyectos aprobados dentro del SEIA, serán las que están contenidas en el instrumento de gestión ambiental.

ANEXO II

CONTENIDO MÍNIMO DEL ESTUDIO PARA DETERMINAR EL CAUDAL ECOLÓGICO APLICANDO EL MÉTODO DE SIMULACIÓN DE HÁBITAT U HOLÍSTICO

La elaboración del estudio del caudal ecológico deberá tener la estructura y contenido mínimo siguiente:

1. **Introducción**
   Deberá presentarse de forma resumida los antecedentes y la finalidad para el desarrollo del estudio.

2. **Localización y descripción del ámbito de estudio**
   Deberá señalarse el ámbito geográfico donde se localiza el cuerpo natural de agua en el cual se determinará el caudal ecológico usando el sistema de coordenadas UTM, Dátum WGS84 y describirse sus principales caracteristicas, políticas, hidrográficas, biofísicas y socio-económicas. Se presentará el mapa general del área de estudio. Se debe hacer referencia a la existencia de derechos de uso de agua otorgados en la unidad hidrográfica.

3. **Objetivos**
   Señalar el propósito por el cual se determinará el caudal ecológico en el ámbito del estudio (cuenca, subcuenca, tramo, subtramos, o área del cuerpo natural de agua). El caudal ecológico deberá determinarse en función de las particularidades de cada curso o cuerpo de agua y los objetivos especificos que se deseen alcanzar.

4. **Definición de la unidad de análisis**
   Se deberá establecer la unidad de análisis, la cual puede ser por cuenca, subcuenca, tramo, subtramos, secciones o área del cuerpo natural de agua cuyo caudal ecológico será determinado.

4.1. Descripción de la unidad de análisis

Se describirá de manera especifica las características hidrográficas, hidrológicas, geomorfológicas, geodinámicas, ecológicas, de calidad del agua y los servicios ecosistémicos asociados al cuerpo natural de agua. Se presentará el mapa hidrográfico que mostrará claramente el cauce o la cubeta (vaso) del cuerpo de agua (según sea el caso) y otros bienes asociados al agua (Ley Recursos Hídricos, articulo 6), sus afluentes, la ubicación de la infraestructura hidráulica existente, y derechos de agua entregados, incluyendo el registro fotográfico respectivo.

Para el caso en que la unidad de análisis sea un tramo o área de un cuerpo de agua, deberá tenerse en cuenta las siguientes consideraciones: a) para usos no consuntivos, el tramo se ubicará entre aguas arriba de la infraestructura hidráulica de captación y aguas abajo del punto de descarga del caudal turbinado, b) para usos consuntivos el tramo se ubicará aguas arriba de la captación hasta la confluencia con otro cuerpo de agua de similar o de orden superior ubicado aguas abajo, c) en lagunas y las infraestructuras hidráulicas de embalse y regulación, el tramo a considerar es el comprendido entre el límite máximo (aguas arriba) alcanzado por la inundación en condición NAMO (Nivel de Agua Máximo Ordinario), y el punto de descarga al cauce (aguas abajo de la presa o dique natural según sea el caso), d) en humedales, el tramo a considerar

es el comprendido entre el límite máximo (aguas arriba) alcanzado por la inundación en condición NAMO, y de existir una salida superficial del humedal, el punto de descarga al cauce (aguas abajo del humedal). Para la definición del tramo a evaluar, se considerarán características tales como la proximidad a una estación de medición de caudales, disponibilidad de información sobre aspectos ambientales, importancia, accesibilidad y disponibilidad de información biológica u otra información adicional relevante.

Dentro del tramo de evaluación se identificarán subtramos, cuyo número dependerá de la homogeneidad del cauce. Para el caso de sistemas heterogéneos, se requerirá mayor número de subtramos que en sistemas homogéneos. Las características mínimas que deben ser consideradas en la selección de los subtramos incluyen: la ubicación de tributarios principales, morfología y estructura del cauce, estructura y morfología de las planicies de inundación, presencia de hábitats importantes, ubicación y operación del sistema hidráulico, usos del agua, composición y estructura de la flora y fauna, etc. En cada subtramo o área identificada, se seleccionarán secciones; las cuales deben representar las diferentes características de los microhábitats existentes en dichos subtramos.

4.2. Evaluación del régimen hidrológico/hidráulica

En la evaluación se debe describir todos los componentes que caracterizan el régimen hidrológico del cuerpo de agua, en el caso de cursos de agua u otras fuentes naturales de agua como lagunas y humedales en su estado natural (no intervenido) o alterado (por regulaciones o trasvases) se realizará el análisis de las variaciones hidrológicas respecto a las condiciones actuales del régimen hidrológico. La información será presentada en varias escalas de tiempo (diario, mensual o multianual), dependiendo de la información base disponible. Se analizará el comportamiento multianual y estacional de los caudales y niveles. Deberá ponerse énfasis en evaluar los caudales base existentes en periodos de estiaje, así como los niveles de las lagunas en el mismo periodo. La información de caudales que se usará, debe tener como mínimo una serie temporal de 20 años, la cual podrá provenir de datos históricos y/o generados mediante modelamiento hidrológico.

Dado que la integridad de los sistemas hídricos depende fundamentalmente de su dinámica natural, deberá consignarse información de los indicadores siguientes: la magnitud, frecuencia, duración, momento, niveles y velocidad de cambio de las condiciones hidráulicas ya que estos componentes vinculan la hidrología y los procesos ecológicos.

La magnitud del caudal, niveles y demás características hidráulicas del cuerpo de agua, en cualquier tiempo dado, son variables determinantes para la subsistencia de los ecosistemas acuáticos. La ocurrencia de eventos extremos que afecten el flujo (sequías, inundaciones, flujos aluviónicos, deslizamientos, derrumbes, entre otros) puede determinar, que ciertos requerimientos del ciclo de vida sean afectados o influenciar en el grado de stress o mortalidad de alguna o varias especies.

En el caso de caudales alterados (por regulaciones o trasvases), se realizará el análisis de naturalización de los caudales respecto a la condición natural en el cuerpo de agua, siempre y cuando se cuente con la información histórica, la cual podrá provenir de instituciones públicas o privadas.

4.3. Evaluación geomorfológica y geodinámica

Deberá identificarse los procesos geomorfológicos y geodinámicos que tienen un rol importante en la estructura y funcionamiento del ecosistema acuático o asociado al cuerpo de agua. Estos pueden ser: (i) los procesos y dinámicas del transporte, deposición y almacenamiento de sedimentos en el cauce; (ii) las formas, procesos del cauce y las características del sustrato; (iii) las variaciones de la forma del vaso en volumen, nivel y superficie de las lagunas y (iv) las formas y procesos de las planicies de inundación, así como su conexión con el cuerpo de agua. Estos factores influencian las interacciones ecológicas e hidromorfodinámicas a través de un rango de escalas temporales y espaciales.

En las secciones de cada subtramos o área de evaluación del cuerpo de agua, se describirá la morfología, la geología, geodinámica, forma del cauce, composición del sustrato, sedimentos (transporte), dimensiones (ancho, pendiente, longitud de las secciones) y como estos varían estacionalmente, de ser el caso; así como los procesos relacionados a esos componentes identificados. Dicha información, debe ser presentada en mapas, gráficos y cuadros.

4.4. Evaluación hidrobiológica

Para la evaluación de las comunidades hidrobiológicas en el tramo o área del cuerpo natural de agua superficial, se realizará la evaluación cualitativa y cuantitativa detallada de comunidades del ecosistema acuático continental (plancton, perifiton, macroinvertebrados bentónicos, necton, vertebrados mayores, macrófitas y vegetación ribereña) identificando si existen especies endémicas, de importancia ecológica, económica y social; lo cual permitirá seleccionar la especie clave para determinar el caudal ecológico.

Respecto a la selección de la especie clave y estadio para la determinación de la curva de preferencia, se deberá poner énfasis en la o las especies de importancia ecológica y económica en el tramo o área del cuerpo de agua de estudio, por lo que dicha selección deberá contar con la validación del sector competente. El requerimiento de información para la especie clave deberá contener la descripción del ciclo de vida de las especies, construcción de la cadena trófica, evaluación de aspectos biológicos claves (migración, reproducción, etc.).

Luego de la selección de la especie clave, se deberá determinar las variables necesarias para el cálculo de la curva de preferencia como la velocidad de la corriente, tipo de sustrato, tirante o profundidad, volumen entre otras.

En base a la información hidrobiológica, comunitaria y de relación especies-hábitat (curva preferencias) recogida se realizará un acoplamiento con la información hidráulica de las secciones elegidas en los subtramos determinados.

4.5. Evaluación de la calidad del agua

Se evaluará la calidad del agua en el tramo o área del cuerpo natural de agua superficial en estudio, aguas arriba y abajo de la zona de ubicación de la estructura hidráulica; y de encontrarse tributarios, conforme a los establecido en el "Protocolo nacional para el monitoreo de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales" vigente, según la clasificación asignada y su categoría correspondiente dentro del Estándar de Calidad Ambiental para Agua vigente.

La evaluación de la calidad del agua considerará parámetros fisicoquímicos, inorgánicos, orgánicos y microbiológicos en el tramo, subtramos o área del cuerpo natural de agua superficial motivo del estudio. Asimismo, se deberá incluir

un análisis que relacione y evalúe la determinación del caudal ecológico con la calidad del cuerpo natural de agua superficial y las especies hidrobiológicas de importancia que se evaluaron.

Por otro lado, deberá identificarse los vertimientos de aguas residuales (domésticos, municipales, industriales u otros) y otras fuentes puntuales y/o difusas antrópicas y naturales que pudieran alterar el estado de la calidad del agua.

4.6. Identificación de la importancia social, económica y ecológica del ecosistema acuático

Se deberá evaluar y determinar la importancia social, económica y ecológica del ecosistema acuático, así como identificar qué bienes asociados vinculados al tramo o área del cuerpo de agua en estudio, deben ser conservados en un nivel determinado. También se considerarán, aspectos paisajísticos, de transporte, recreativos, científicos y culturales de importancia. Se deberá incluir un análisis que relacione y evalúe la determinación de caudal ecológico con la importancia social, económica y ambiental del ecosistema acuático.

5. Descripción de la infraestructura hidráulica proyectada

De ser el caso, se deberá presentar una descripción general y/o detallada (según sea el caso) de la infraestructura hidráulica proyectada en los cuerpos de agua y sus bienes asociados; y las labores a realizarse en el lecho del rio. Asimismo, indicar las reglas de operación del sistema hidráulico, detallando las características de la infraestructura que permitirá y garantizará la continuidad del flujo del agua para la conservación del ecosistema acuático, en los casos que corresponda.

6. Determinación del caudal ecológico

La determinación del caudal ecológico se hará en base a los objetivos específicos determinados, lo cuales a su vez estarán en función de la importancia ecológica y la presión de uso del recurso hídrico en el cuerpo natural de agua. El caudal ecológico en el cuerpo de agua, debe considerar los componentes de flujo y volumen necesarios (magnitud, oportunidad, frecuencia, duración, tasa de cambio, volumen y profundidad) para mantener los procesos físicos y biológicos en el nivel definido. Asimismo, incluirá los patrones de variaciones estacionales o diarias, que se consideren importantes para alcanzar los objetivos de conservación del ecosistema acuático, así como aspectos relacionados con la calidad del agua evaluada. Para el caso de lagunas, se tomará como referencia los niveles alcanzados en la temporada estiaje, como nivel máximo de afectación en la intervención del cuerpo de agua. Para el caso de humedales se considerarán los patrones de inundación estacional conocido como hidroperiodo que define los niveles de agua o saturación de los mismos

La determinación del caudal ecológico comprende la integración de todas las evaluaciones realizadas previamente, para lo cual debe construirse un modelo conceptual, que vincule los diferentes componentes hidrológicos/hidráulicos, geomorfológicos, geodinámicos e hidrobiológicos en el caso de emplear el método de simulación de hábitat.

En el caso de aplicar métodos de simulación de hábitat, serán necesarias las evaluaciones de distribución de las especies en los diferentes tipos de hábitats (meso y micro hábitats) y su uso, selección y preferencias de hábitat de las

especies acuáticas; ya que estas relaciones, en especial la de preferencias de hábitat, es insumo indispensable del método de simulación de hábitat para estimar el caudal ecológico. Se sugiere su aplicación en quebradas y ríos de régimen regular permanente.

En el caso de aplicar el método holistico, además de las curvas las preferencias de hábitat como evidencia de la relación que existe entre las especies elegidas y su medio físico, se evaluarán procesos ecológicos, existencia de avifauna, impactos a la calidad del agua en el caso de que existan vertimiento que afecten la capacidad de dilución y depuración del cuerpo receptor, importancia económica, entre otros.

En ambos casos, la información deberá ser procesada en programas de modelamiento hidrológico y de simulación de hábitat; los resultados deberán mostrarse en forma de cuadros, hidrogramas, curvas de preferencia, gráfico del área ponderada útil, y esquemas de las secciones transversales del tramo y subtramos evaluados en el cuerpo de agua. La información de caudales que se usará, debe tener como mínimo una serie temporal de 20 años, la cual podrá provenir de datos históricos y/o generados mediante modelamiento hidrológico.

7. Determinación de las reglas de operación

En esta etapa se vincula las características del caudal ecológico determinado (magnitud, oportunidad, frecuencia, duración, nivel, volumen y tasa de cambio) con las reglas de operación para el caso especifico de proyectos de centrales hidroeléctricas y/o embalses. La regla de operación se debe basar en información histórica de caudales, volumen, profundidad y otras variables climáticas, las reglas de operación preexistentes de ser el caso, derivaciones de caudales y evidencia de perturbaciones antrópicas históricas o existentes. Estos aspectos deberán ser considerados en la ingeniería del proyecto, y además, no deberán comprometer la calidad de agua.

8. Programa de monitoreo

Se deberá presentar el programa de monitoreo del caudal ecológico, el cual debe establecer los indicadores que deben ser cuantificables, confiables y de calidad; además estos indicadores deben corresponder a los aspectos hidrológicos/hidráulicos, hidrobiológicos, entre otros. Asimismo, el titular del estudio deberá instalar las estaciones hidrométricas u otros instrumentos necesarios parar llevar a cabo los monitoreos anteriormente mencionados.

8.1. Monitoreo hidrológico/hidráulico

El titular del proyecto deberá instalar las estaciones hidrométricas necesarias para realizar la medición de los regímenes del caudal a escala diaria. Para el caso de centrales hidroeléctricas, se realizará el monitoreo diario del caudal en un punto ubicado en la infraestructura de captación o inmediatamente aguas abajo de la misma y, aguas arriba del punto de descarga del agua turbinada al cauce. Para el caso de embalse o represas, el monitoreo diario se realizará aguas abajo de la presa, en un punto de entrega de la descarga al cauce. Para otros proyectos, se realizará el monitoreo diario en un punto ubicado aguas abajo de la infraestructura de captación o derivación.

Para casos de cuerpos de agua como lagunas, se realizará el monitoreo de la variación de los niveles de la superficie o espejo de agua, mediante reglas limnimétricas o sensores; además deberán tenerse actualizado las batimetrías de los referidos cuerpos de agua, así como el monitoreo de la extensión del espejo

de agua u otros indicadores que pueda ser estimado mediante el uso de imágenes de satélite

Para casos de humedales, se realizará el monitoreo de la variación de los niveles de los espejos de agua superficiales y de los niveles de agua subterránea mediante reglas limnimétricas o sensores, y la instalación de piezómetros; así como el monitoreo de la extensión de los humedales u otros indicadores que pueda ser estimado mediante el uso de imágenes de satélite

El titular del proyecto deberá realizar las mediciones de las variables hidráulicas: velocidad de la corriente, tipo de sustrato, tirante o profundidad, así como el monitoreo de la calidad del agua, en cada uno de los subtramos determinados del cuerpo de agua, como mínimo en los meses críticos de la época de estiaje.

8.2. Monitoreo de calidad de agua

Se evaluará los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos, orgánicos y microbiológicos la calidad del agua en el tramo, subtramos o área del cuerpo natural de agua superficial, considerando la clasificación asignada bajo la normativa vigente y su categoría correspondiente dentro del Estándar de Calidad Ambiental para Agua vigente. Esta evaluación se deberá realizar como mínimo en los meses críticos (estiaje) y se deberá incluir un análisis que relacione y evalúe la determinación del caudal ecológico con la calidad del cuerpo natural de agua y las comunidades hidrobiológicas de importancia que se consideraron en su determinación.

8.3. Monitoreo hidrobiológico

De acuerdo al método aplicado para la determinación del caudal ecológico, el titular del proyecto deberá realizar el monitoreo de indicadores claves previamente establecidos. Por ejemplo, para el caso de haber usado el método de simulación de hábitat, se realizará el monitoreo de la/las especies claves a lo largo de los subtramos o en el área del cuerpo de agua considerados en el estudio en el que se ha asignado el caudal ecológico, como mínimo en los meses críticos de la época de estiaje y en la época de transición. En caso de haber usado el método holístico, además de lo ya descrito, se sugiere considerar otras variables adicionales como los monitoreo de la fauna de importancia en el cuerpo de agua y la vegetación de las zonas ribereñas.

9. Evaluación del caudal ecológico y medidas correctivas

Debido a que el Plan de Monitoreo permitirá evaluar si la determinación del caudal ecológico está cumpliendo con los objetivos establecidos para el tramo, subtramos o área del cuerpo natural de agua, se deberán incluir en este ítem las medidas correctivas que se podrán aplicar con la finalidad de preservar el ecosistema acuático en el caso de que el caudal ecológico no esté cumpliendo con los objetivos establecidos. Las medidas correctivas para proyectos dentro del SEIA serán las que están contenidas en el instrumento de gestión ambiental.

ANEXO 04: Panel Fotográfico

Fotografía 01: Extracción de muestras de agua

Fotografía 02: Extracción de muestras de agua

Fotografía 03: Extracción de muestras de agua

Fotografía 04: Evaluaciones de campo

Fotografía 05: Evaluaciones para la determinación del caudal medio mensual

Fotografía 06: Evaluaciones para la determinación del caudal medio mensual.