

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

AGRARIAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

ANÁLISIS DE DATA DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS DE DOS CUENCAS EN BASE AL ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA 2018-2021

Para optar el Grado Académico de
MAESTRO EN CIENCIAS
MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

Presentado por:
HERNAN BAUTISTA VARGAS

Asesora:
Dra. CONSUELO PLASENCIA ALVARADO

Cajamarca, Perú

2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Hernan Bautista Vargas
DNI: 42712559
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias. Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Gestión Ambiental.
2. Asesora: Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☐ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☒ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
Análisis de data de parámetros fisicoquímico y microbiológicos de dos cuencas en base al estándar de calidad ambiental para agua 2018-2021
6. Fecha de evaluación: **11/03/2026**
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **10%**
9. Código Documento: **3117:566608300**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ **APROBADO** ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **18/03/2026**

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado DNI: 26717688

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2026 BY
HERNAN BAUTISTA VARGAS
TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA – PERU



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

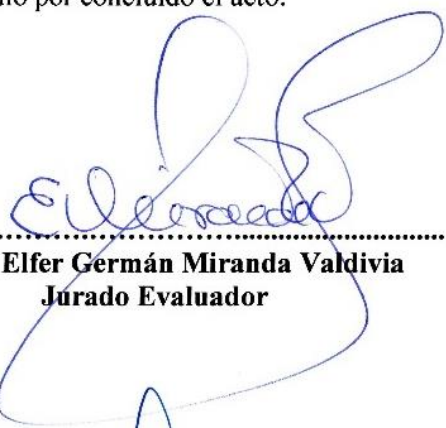
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 16:05 horas, del día 27 de febrero del dos mil veintiseis, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. ELFER GERMÁN MIRANDA VALDIVIA, Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA, Dr. JIMY FRANK OBLITAS CRUZ** y en calidad de Asesor a la **Dra. CONSUELO BELANIA PLASENCIA ALVARADO**, actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada “**ANÁLISIS DE DATA DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE DOS CUENCAS EN BASE AL ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA 2018 - 2021.**”, presentada por el **Bachiller en en Derecho y Ciencia Política, BAUTISTA VARGAS HERNAN.**

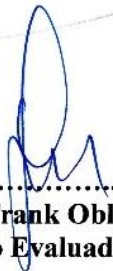
Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó aprobar con la calificación de diecisiete (17) la mencionada Tesis; en tal virtud, al **Bachiller en en Derecho y Ciencia Política, BAUTISTA VARGAS HERNAN** está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS** Mención en **GESTIÓN AMBIENTAL**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias.

Siendo las 16:50 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado
Asesora


.....
Dr. Elfer Germán Miranda Valdivia
Jurado Evaluador


.....
Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
Jurado Evaluador


.....
Dr. Jimy Frank Oblitas Cruz
Jurado Evaluador

A Dios en primer lugar pues Él es quien da la sabiduría y la da en abundancia

A mi madre quien me apoyó incondicionalmente y hoy me guía desde el cielo

A mi esposa, por darme el apoyo moral y soportar las largas veladas hasta la
materialización de este trabajo

A mis hijos, por darme alegría, motivación y poder demostrarle que la edad no es un
obstáculo para seguir estudiando y aprender cosas nuevas

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento muy especial a mi asesora, Dra. Consuelo Plasencia Alvarado, quien me supo guiar y fue muy gratificante su apoyo hasta la culminación de la tesis.

Al personal de la biblioteca de posgrado por darme las facilidades del caso, sobre todo su paciencia, para poder obtener las tesis de consulta.

Finalmente, expreso mi agradecimiento al jurado evaluador y a todas las personas que contribuyeron con sus experiencias y conocimientos para el desarrollo de este trabajo.

“Cada estándar ambiental, cada valor límite y cada norma técnica sobre el agua reflejan una decisión social y política sobre cómo entendemos la vida y el desarrollo. La gestión de la calidad del agua no es una tarea exclusivamente técnica; es también un acto de justicia ambiental y de responsabilidad pública. Comprender el agua desde una perspectiva técnico–legal exige reconocer que detrás de cada parámetro monitoreado existe un principio de equidad, una obligación de transparencia y una aspiración colectiva por un ambiente sano. Así, el derecho y la ciencia se entrelazan para asegurar que el progreso no se construya a costa de la naturaleza, sino en armonía con ella.”

Ostrom, E. (2010). “Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action.”

Cambridge University Press.

CONTENIDO (ÍNDICE)

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	vi
LISTA DE ABREVIACIONES/SIGLAS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
Hipótesis de investigación.....	3
OBJETIVOS.....	3
MARCO TEÓRICO	4
2.1 Antecedentes de la investigación.....	4
2.2 Bases teórica	16
2.3. Marco legal y normativo	21
2.4 Definición de términos básicos.....	29
CAPÍTULO III	35
MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1. Ubicación del área de estudio.....	35
3.1 Ubicación de los puntos de monitoreo sobre los 2000 m s.n.m	36
3.2. Materiales	42
3.3. Metodología	42

CAPÍTULO IV	49
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.2 Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en estaciones de monitoreo sobre los 2000 m s.n.m. cuatro determinaciones en cada estación.	50
4.2.1 Cuenca Marañón.....	50
4.2.2 Cuenca Jequetepeque	147
CAPÍTULO V.....	179
5.1 CONCLUSIONES	179
5.2 RECOMENDACIONES	180
CAPÍTULO VI	181
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	181
CAPÍTULO VII.....	189
ANEXOS	189

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo en la cuenca del río Marañón por encima de los 2000 m s.n.m.....	39
Figura 2 Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo en la cuenca del río Jequetepeque por encima de los 2 000 m s. n. m.....	41
Figura 3 Porcentaje de incumplimiento de los ECA para agua por parámetro (2018–2021).....	170
Figura 4 Variación interanual del incumplimiento de los ECA para agua (2018–2021)	171
Figura 5 Comparación porcentual del Incumplimiento de los ECA-Agua por Cuenca (2018–2021).....	174
Figura 6 Estaciones con mayor número acumulado de incumplimientos de los ECA-Agua (2018–2021).....	175

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Puntos de monitoreo en la cuenca del río Marañón.....	36
Tabla 2 Puntos de monitoreo de la cuenca del río Jequetepeque.....	40
Tabla 3 Resultados quebrada Chirimayo cuenca Marañón.....	50
Tabla 4 Resultados quebrada Chirimayo cuenca Marañón.....	54
Tabla 5 Resultados quebrada Chugurmayo cuenca Marañón.....	57
Tabla 6 Resultados quebrada Grande cuenca Marañón.....	61
Tabla 7 Resultados quebrada Huagashul cuenca Marañón.....	64
Tabla 8 Resultados quebrada La Boya cuenca Marañón.....	67
Tabla 9 Resultados quebrada La Carpa cuenca Marañón.....	70
Tabla 10 Resultados quebrada Lirio cuenca Marañón.....	74
Tabla 11 Resultados río Chalán cuenca Marañón.....	78
Tabla 12 Resultados río Chotano cuenca Marañón	82
Tabla 13 Resultados río Chotano cuenca Marañón	87
Tabla 14 Resultados río Chumuch cuenca Marañón	91
Tabla 15 Resultados río Doña Ana cuenca Marañón.....	95
Tabla 16 Resultados río Grande cuenca Marañón	99
Tabla 17 Resultados río Grande cuenca Marañón	103
Tabla 18 Resultados río Jadibamba cuenca Marañón.....	107
Tabla 19 Resultados río Jucusbamba cuenca Marañón	111
Tabla 20 Resultados río Sendamal cuenca Marañón	115
Tabla 21 Resultados río Sendamal cuenca Marañón	119
Tabla 22 Resultados río Utcubamba cuenca Marañón	123

Tabla 23 Resultados quebrada Araqueda cuenca Marañón	127
Tabla 24 Resultados rio Jocos cuenca Marañón	131
Tabla 25 Resultados rio Lulichuco cuenca Marañón.....	135
Tabla 26 Resultados rio Malcas cuenca Marañón	139
Tabla 27 Resultados rio Muyoc cuenca Marañón.....	143
Tabla 28 Resultados rio Rejo cuenca Jequetepeque	147
Tabla 29 Resultados quebrada Shilamayo cuenca Jequetepeque	150
Tabla 30 Resultados quebrada Tres Lagunas cuenca Jequetepeque	154
Tabla 31 Resultados el rio Contumazá cuenca Jequetepeque.....	158
Tabla 32 Resultados el rio La Tinte, cuenca Jequetepeque	163
Tabla 33 Resultados el rio Yanahuanga cuenca Jequetepeque	166
Tabla 34 Incumplimiento de los ECA-Agua por Cuerpo de Agua – Estaciones Críticas	172

LISTA DE ABREVIACIONES/SIGLAS

- **AAA:** Autoridad Administrativa del Agua
- **ALA:** Autoridad Local de Agua
- **ANA:** Autoridad Nacional del Agua
- **CCME:** Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (*Canadian Council of Ministers of the Environment*)
- **DGCA:** Dirección General de Calidad Ambiental
- **DAR:** Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (asociación civil peruana sin fines de lucro, creada en 2004)
- **ECA:** Estándar de Calidad Ambiental
- **mg/L:** Miligramos por litro
- **WPI:** El Índice de Contaminación del Agua
- **MINAM:** Ministerio del Ambiente
- **NMP:** Número Más Probable (para análisis microbiológicos)
- **OCDE:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
- **PCM:** Presidencia del Consejo de Ministros
- **R.J.:** Resolución Jefatural
- **R.D.:** Resolución Directoral
- **SMAPRE:** Sistema de Monitoreo de Agua Participativo Regional
- **USGS:** Servicio Geológico de Estados Unidos
- **DBO₅:** Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días
- **DQO:** Demanda Química de Oxígeno
- **OD:** Oxígeno Disuelto

RESUMEN

El estudio analizó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de 31 estaciones de monitoreo ubicadas en ríos y quebradas altoandinas, situadas entre 2 079 y 3 798 m s. n. m., correspondientes a las cuencas de los ríos Marañón y Jequetepeque, durante el periodo 2018–2021. El análisis se realizó a partir de 124 muestras obtenidas de la base de datos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), desde una perspectiva técnico-legal, conforme a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, categoría 3, subcategorías D1 y D2 (DS N.º 004-2017-MINAM). Asimismo, los resultados mostraron que la mayoría de los cuerpos de agua presentaron baja carga orgánica, evidenciada por valores reducidos de DBO₅ y DQO, así como una conductividad relativamente estable. No obstante, se identificaron incumplimientos puntuales en oxígeno disuelto, pH y parámetros microbiológicos, principalmente en estaciones de la cuenca del Marañón. En contraste, la cuenca del Jequetepeque presentó mayor estabilidad ambiental, con fluctuaciones ocasionales que no comprometieron el cumplimiento de los ECA. En conjunto, los resultados permitieron identificar diferencias espaciales y temporales en la calidad del agua entre ambas cuencas, evidenciando la importancia del monitoreo sistemático para la evaluación y gestión ambiental de los ríos altoandinos.

Palabras clave: ríos altoandinos, calidad del agua, gestión ambiental, Estándar de Calidad Ambiental.

ABSTRACT

The study analyzed physicochemical and microbiological parameters from 31 monitoring stations located in high Andean rivers and streams, situated between 2,079 and 3,798 meters above sea level, corresponding to the Marañón and Jequetepeque river basins, during the period 2018–2021. The analysis was based on 124 samples obtained from the database of the National Water Authority (ANA), from a technical-legal perspective, in accordance with the Environmental Quality Standards (ECA) for Water, Category 3, subcategories D1 and D2 (Supreme Decree No. 004-2017-MINAM). The results showed that most water bodies presented low organic load, evidenced by low BOD₅ and COD values, as well as relatively stable conductivity. However, specific non-compliance events were identified in dissolved oxygen, pH, and microbiological parameters, mainly at stations located within the Marañón basin. In contrast, the Jequetepeque basin showed greater environmental stability, with occasional fluctuations that did not compromise compliance with the ECA standards. Overall, the results allowed the identification of spatial and temporal differences in water quality between both basins, highlighting the importance of systematic monitoring for the environmental assessment and management of high Andean rivers.

Keywords: high Andean rivers, water quality, environmental management, Environmental Quality Standards.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua en los ecosistemas altoandinos constituye un eje fundamental para la sostenibilidad ambiental y el bienestar de las poblaciones que dependen de sus recursos hídricos (Forest & EcoDecision, 2013). En el Perú, los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) constituyen el marco técnico-normativo que establece los niveles permitidos de sustancias químicas, biológicas y características físicas en cuerpos de agua superficiales, orientando la gestión y protección de los recursos hídricos (MINAM, 2017). Su cumplimiento es esencial para garantizar la salud ecológica de las cuencas y la seguridad de los usos poblacionales, agrícolas y productivos (Forest & EcoDecision, 2013; MINAM, 2017).

En este contexto, las cuencas del Jequetepeque y del Marañón —ubicadas en la región norte del país y caracterizadas por estaciones de monitoreo situadas sobre los 2 000 m s. n. m.— constituyen territorios estratégicos para el análisis hidrológico y ambiental. Estas zonas altoandinas presentan dinámicas particulares como variaciones en la mineralización natural, procesos geológicos propios de la altitud, cambios estacionales marcados, actividades agrícolas, sistemas de saneamiento insuficientes y presencia histórica de operaciones mineras (Choque et al., 2021; Guerrero & Cabrera, 2021). Tales condiciones refuerzan la necesidad de evaluar rigurosamente la calidad del agua y determinar su nivel de cumplimiento respecto a los ECA-Agua (MINAM, 2017).

En función de ello, la presente investigación analizó la data oficial generada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en estaciones de monitoreo seleccionadas dentro de ambas cuencas, con el fin de determinar el nivel de cumplimiento frente a los ECA-Agua y discutir las posibles fuentes de alteración de la calidad del agua.

La investigación se desarrolló mediante la recopilación y sistematización de la información oficial proporcionada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en estaciones de monitoreo de las cuencas del Marañón y del Jequetepeque, ubicadas sobre los 2 000 m s. n. m. La data incluyó parámetros fisicoquímicos y microbiológicos relevantes para evaluar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua durante el período 2018–2021. El análisis se realizó de manera estadístico-descriptiva, considerando la variación entre estaciones y años, y comparando los resultados con los valores establecidos por la normativa vigente. Asimismo, se reconocieron limitaciones propias del uso de información secundaria, como la disponibilidad de registros, la periodicidad del monitoreo y la estacionalidad de los datos, las cuales fueron consideradas en la interpretación de los resultados.

A partir de esta finalidad, se plantea la siguiente pregunta general de investigación:

¿Cuál es la data de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de dos cuencas en base al estándar de calidad ambiental para agua 2018-2021?

Derivado de esta interrogante, se formulan las siguientes preguntas específicas:

1. ¿Cómo varían los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua registrados en las estaciones de monitoreo durante el período 2018–2021?
2. ¿En qué medida los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para agua durante el período 2018–2021?

Hipótesis de investigación.

La data de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las cuencas del Maraón y del Jequetepeque presenta variación en relación con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua durante el período 2018–2021.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar la data de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las cuencas del Maraón y del Jequetepeque en base a los Estándares de Calidad Ambiental para Agua durante el período 2018–2021.

Objetivos específicos

1. Determinar la variación de los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua registrados en las estaciones de monitoreo durante el período 2018–2021.
2. Comparar los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua durante el período 2018–2021.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 Antecedentes internacionales.

Ghimire et al. (2013) evaluaron los parámetros fisicoquímicos de ríos de gran altitud en el Parque Nacional Sagarmatha (Everest), Nepal, ubicado entre los 1 900 y 5 300 m s.n.m., con el objetivo de analizar la variación temporal de la calidad del agua en ecosistemas de montaña sometidos a presión turística. El estudio se desarrolló entre los años 2008 y 2010, considerando múltiples estaciones de muestreo distribuidas a lo largo de la red hidrográfica del parque. La metodología incluyó mediciones *in situ* de temperatura, pH, y conductividad eléctrica mediante equipos portátiles calibrados, así como análisis de laboratorio para nutrientes (nitrógeno y fósforo totales). Los resultados indicaron que el pH del agua varió principalmente entre 6,5 y 8,0, con valores puntuales de hasta 8,5 en zonas cercanas a glaciares y mínimos de 6,2 en algunos tramos del río Dudhkoshi, evidenciando una ligera alcalinidad y variabilidad espacial. En cuanto la temperatura y la conductividad eléctrica, los autores señalan que estos parámetros presentaron variaciones relacionadas con la altitud, la cercanía a glaciares y la influencia local de actividades humanas, manteniéndose dentro de las condiciones características de ríos de alta montaña. El estudio concluye que, en general, los cuerpos de agua evaluados conservan una buena calidad fisicoquímica, aunque resalta la importancia de un monitoreo continuo para

identificar cambios asociados a presiones ambientales y antrópicas en ecosistemas fluviales de alta altitud (Ghimire et al., 2013).

Albaggar (2021) realizó un análisis completo de la calidad del agua en ocho represas de región de Albaha, Reino de Arabia Saudita, con el objetivo de evaluar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en relación con los estándares nacionales de calidad del agua, los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Para ello, se tomaron muestras de agua de ocho represas y se analizaron parámetros fisicoquímicos como pH, sólidos totales disueltos (TDS), turbidez, hierro (Fe), manganeso (Mn), sulfatos (SO_4), nitratos (NO_3) y nitritos (NO_2) mediante métodos estandarizados con turbidímetro, espectrofotometría y escalas de pH. Asimismo, se evaluó la presencia de bacterias coliformes utilizando el medio de detección *EC blue 100®* y se compararon los resultados con los valores de los estándares de calidad de agua potable y de riego. Alrededor de tres cuartas partes (75%) de las muestras de agua de las presas excedieron los niveles permisibles de pH, sólidos disueltos totales, turbidez, Mn y NO_3 establecidos por los estándares saudíes. Los niveles promedio de sólidos disueltos totales, Fe, Mn, SO_4 , NO_3 y NO_2 fueron 3065,00, 0,10, 0,89, 68,25, 17,91 y 0,016 mg/L, respectivamente. Sin embargo, el pH promedio de las muestras de agua fue de $7,95 \pm 0,66$, que aún está dentro del rango aceptado establecido por los estándares nacionales y mundiales. El autor concluye que para poder utilizar las aguas de las presas para consumo humano y riego, es necesario tratarlas para cumplir con las normas de Arabia Saudita, la OMS y la FAO. El

sitio 8 (presa de Medhas en Almandag) mostró aumentos en todos los parámetros investigados por encima de los valores recomendados, excepto el pH y el nitrito. No se encontraron variaciones estadísticamente significativas de los parámetros entre los sitios de presa individuales ni entre los sitios como grupos (Albaggar, 2021).

Grzywna y Sender (2021) evaluaron la calidad del agua superficial en la *cuenca del río Tyśmienica*, localizada en el este de Polonia recolectando muestras en ocho estaciones de muestreo distribuidas a lo largo de la cuenca durante todo el año 2017. El documento presenta análisis de los parámetros físicos y químicos de las aguas superficiales de la cuenca. Los resultados revelaron que los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos estuvieron dentro de los rangos correspondientes al estado ecológico bueno a muy bueno para la mayoría de las variables como pH (6,9-7,9), Las concentraciones de DO en el agua del río Tyśmienica variaron de 6,2 a 8,5 mg/l. En cuanto a parámetros críticos, se registró que las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl oscilaron entre 1,40 y 1,91 mg N dm⁻³, siendo esta la variable con peor clasificación al ubicarse en la clase II de calidad ecológica, considerada “buena”. El Índice de Contaminación del Agua (WPI) calculado para la cuenca presentó valores entre 0,90 y 1,56, con un valor promedio de 1,2, lo que corresponde a agua moderadamente contaminada o “pure water”, aunque algunas estaciones mostraron agua completamente pura (WPI < 1). Asimismo, los valores de TOC y COD fueron elevados en varios puntos, lo cual indica mayor carga orgánica en ciertos tramos del río. Los autores concluyen que el estado ecológico de las aguas de la cuenca del río Tyśmienica en 2017 fue

bueno. La evaluación general de la calidad del agua mediante el WPI reveló diferencias estadísticamente significativas entre los puntos de control. La evaluación del WPI, en función de doce parámetros físicos y químicos de la calidad del agua, mostró que la claridad del agua superficial, basada en el valor calculado de 1,2, se caracterizó como moderadamente contaminada, lo que corresponde a la clase de pureza del agua III. Sin embargo, en dos estaciones, Kock y Białka, el agua se caracterizó como pura, lo que corresponde a la clase de pureza II. El agua del río ha cumplido los requisitos como fuente de agua para consumo humano (categorías de claridad A1 y A2). Debido a la alta concentración de COT y DQO (categoría A3), se deben utilizar procesos de tratamiento de alta eficiencia para garantizar que el agua sea apta para el consumo humano (Grzywna & Sender, 2021).

Bohlok et al. (2024) llevaron a cabo un estudio en la cuenca alta del río Litany, para evaluar el nivel de contaminación ambiental mediante el monitoreo de la variación estacional de la calidad del agua a lo largo de un año. La investigación consistió en la recolección de 72 muestras de agua dulce en seis sitios de muestreo durante las cuatro estaciones, evaluando parámetros fisicoquímicos como pH, sólidos totales disueltos (TDS), nitratos, sodio, potasio, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitrógeno y fósforo totales, así como parámetros microbiológicos incluyendo recuentos de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*. Los parámetros fisicoquímicos fueron analizados conforme a las normas LIBNOR NL161:2016 del Líbano y las *Guías de Calidad de Agua de la Organización*

Mundial de la Salud (OMS), mientras que la calidad microbiológica se comparó con el estándar SEQ-EAUX2003 para riego. Los resultados mostraron que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos no se encontraban dentro de los límites permitidos por las normas LIBNOR y OMS, especialmente en los sitios S2, S3 y S6 durante la estación seca. El pH osciló entre 6,00 y 8,16, y los sólidos totales disueltos alcanzaron hasta 1948 mg/L. Las concentraciones de nitratos. La demanda química de oxígeno (DQO) llegó a 2210 mg/L y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) a 732 mg/L. En cuanto a la calidad microbiológica, se detectó contaminación fecal en todos los sitios y estaciones, con valores mayores durante la estación seca, lo que indicó que todas las muestras fueron consideradas no conformes con los estándares de calidad para uso agrícola o consumo. Los autores concluyeron que los resultados resaltan la necesidad de tomar medidas para prevenir el alto nivel de contaminación. Esto podría lograrse mediante el monitoreo mensual de la calidad del agua de la cuenca superior y la introducción de pautas apropiadas para detectar patógenos y productos químicos tóxicos que afectan a todo el ecosistema y conducen a graves problemas de salud pública. (Bohlok et al. 2024).

2.1.2 Antecedentes nacionales

Choque et al. (2021) evaluaron la calidad del agua en la microcuenca altoandina del río Chumbao, ubicada en la provincia de Andahuaylas, región Apurímac, Perú, con el objetivo de determinar el estado ambiental del recurso hídrico frente a presiones antropogénicas asociadas a actividades agrícolas, ganaderas y domésticas, mediante muestreos en ocho puntos a lo largo del río, desde la

cabecera de la cuenca hasta los tramos más bajos, durante las temporadas seca y de lluvias; en cada punto se midieron parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (TDS), turbidez y color, así como parámetros microbiológicos, incluyendo coliformes totales y *Escherichia coli*, integrando los resultados mediante el Índice de Calidad del Agua (WQI Dinius) para evaluar la aptitud del agua para distintos usos. Los resultados en la microcuenca altoandina del río Chumbao, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua presentaron variaciones a lo largo de los puntos de muestreo (M1–M8). El pH del agua mostró valores promedio entre 6,97 y 7,86, siendo ligeramente mayores en los tramos bajos de la cuenca. La temperatura osciló entre 10,99 y 15,86 °C, con un incremento progresivo hacia los tramos medios y bajos. La turbidez presentó valores de 1,26 a 15,26 NTU, evidenciando un aporte creciente de sedimentos en los sectores inferiores. La conductividad eléctrica aumentó de 42,50 a 140,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y los sólidos disueltos totales (TDS) de 14,02 a 152,5 mg/L, indicando un mayor impacto de actividades humanas en los tramos bajos. En cuanto a los parámetros microbiológicos, los coliformes totales variaron entre 29,33 y 302,3, y la presencia de *Escherichia coli* se incrementó significativamente hacia los tramos inferiores, reflejando contaminación orgánica asociada a actividades agrícolas, ganaderas y domésticas. Según el Índice de Calidad del Agua (ICA Dinius) aplicado por los autores, los tramos de cabecera presentaron calidad buena, mientras que los tramos medios y bajos fueron clasificados como marginal a pobre, principalmente por contaminación microbiológica y carga orgánica (Choque et al., 2021).

Sánchez et al. (2021) evaluaron la calidad del agua en la sección urbana del río Ichu, ubicada en la ciudad de Huancavelica, Perú, mediante seis puntos de muestreo distribuidos a lo largo del tramo urbano. Las muestras se recolectaron siguiendo procedimientos estandarizados (APHA/AWWA/WEF) y se analizaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos clave, incluyendo demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (DO), coliformes fecales, pH, temperatura, sólidos disueltos totales (TDS), fosfatos y turbidez, los cuales permitieron calcular el Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF) mediante el modelo *Water Quality Index NSF*. Evaluaron la calidad del agua en seis puntos del tramo urbano del río Ichu, Huancavelica, utilizando el Índice de Calidad del Agua ICA-NSF calculado con ICATest v1.0 a partir de nueve parámetros físico-químicos y microbiológicos: DBO, oxígeno disuelto, coliformes fecales, nitratos, pH, temperatura, sólidos totales disueltos, fosfatos y turbidez, cuyos resultados completos se presentan en las Tablas 2 a 7; los parámetros que más afectaron la calidad fueron DBO, oxígeno disuelto, coliformes fecales, nitratos, temperatura y fosfatos totales, observándose rangos representativos de DBO 17,25–27,25 mg/L, oxígeno disuelto 4,33–5,24 mg O₂/L, coliformes fecales 1 500–2 273 NMP/100 mL, nitratos 9,5–13,7 mg/L, pH 7,3–7,5, temperatura 13–14,4 °C, sólidos totales disueltos 408–508 mg/L, fosfatos 0,51–0,61 mg/L y turbidez 29–68 NTU; estos resultados generaron un ICA-NSF comprendido entre 27,06 y 31,92, clasificando la calidad del agua como mala y reflejando el impacto de descargas domésticas y residuos urbanos en el tramo urbano del río Ichu. (Sánchez-Araujo et al., 2021). Los autores concluyeron que el índice de calidad

de agua (ICA-NSF) calculado sobre la base de los nueve parámetros en los puntos de muestreo permitió calcular valores fluctuaron entre 27 y 32, representativos de una mala calidad de estas aguas del río Ichu, por encontrarse en el rango de 26 a 60 en la referida escala (Sánchez et al., 2021).

Roldán et al. (2025) evaluaron las características limnológicas y la presencia de metales pesados en tres lagos altoandinos de Quiruvilca, región La Libertad, Perú, influenciados por actividades mineras, mediante muestreos semestrales realizados entre 2017 y 2019 en agua y sedimentos. Se midieron parámetros fisicoquímicos como temperatura (promedio 12,6 °C), pH (4,5), conductividad (20,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno disuelto (6,5 mg/L) y transparencia (0,37–3,0 m), además de determinar concentraciones de metales pesados como arsénico, cobre, mercurio y plomo, que excedieron los umbrales permisibles para agua dulce. Paralelamente, se identificaron macroinvertebrados acuáticos hasta el nivel de familia (Corixidae, Dytiscidae, Hyalellidae, Planariidae y Chironomidae) para evaluar la calidad biológica del agua mediante índices bióticos como BMWP e IBA. Los resultados indicaron niveles moderados de contaminación, con condiciones limnológicas relativamente estables, pero con contaminantes que afectan la aptitud del agua para consumo humano y animal y que pueden influir en la biodiversidad acuática. Los autores concluyeron que los lagos altoandinos están expuestos a contaminación por metales pesados y a alteraciones en la composición de macroinvertebrados, reflejando una vulnerabilidad ecológica significativa, y recomendaron un monitoreo periódico de metales pesados y el uso continuado de bioindicadores acuáticos para evaluar cambios en la calidad del

agua y apoyar estrategias de manejo y conservación de estos ecosistemas de alta montaña (Roldán et al., 2025).

Gonzales et al. (2025) implementaron y evaluaron un sistema de monitoreo remoto de calidad del agua mediante sensores inalámbricos LoRa en cinco reservorios de agua en comunidades rurales altoandinas del distrito de Huancavelica, Perú, con la finalidad de generar información en tiempo real sobre parámetros fisicoquímicos en zonas de difícil acceso y escaso seguimiento ambiental; para ello, calibraron los sensores con equipos de referencia (marca Hanna Instruments), logrando coeficientes de determinación de $R^2 = 98,98 \%$ para temperatura, $R^2 = 96,81 \%$ para pH y $R^2 = 89,82 \%$ para turbidez, y realizaron el monitoreo continuo durante 10 días registrando valores de temperatura del agua entre $-2,90^\circ\text{C}$ y $14,4^\circ\text{C}$, pH entre 6,60 y 8,24, y turbidez entre 0,34 NTU y 4,98 NTU; además, la red inalámbrica alcanzó una distancia de comunicación de hasta 8,73 km con una recepción de datos promedio de 456 de 462 mediciones y una buena relación señal-ruido (RSSI y SNR) en el contexto rural analizado, demostrando la eficacia de la tecnología para registrar variaciones espaciales y temporales de la calidad del agua en tiempo real. Los autores concluyeron que los sensores inalámbricos son altamente eficaces para el monitoreo remoto; la calidad del agua monitoreada cumple con las regulaciones peruanas y de la Organización Mundial de la Salud (Gonzales et al., 2025).

Rodríguez (2021) evaluó la calidad del agua superficial en la cuenca Chancay-Lambayeque, ubicada en la zona norte del Perú, abarcando ríos y

quebradas desde la naciente hasta la desembocadura en el Océano Pacífico. Se analizaron 19 puntos de monitoreo (15 ríos y 4 quebradas) utilizando datos participativos de los años 2013 a 2016 gestionados por la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) en el marco del Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA). El monitoreo siguió el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial (MINAGRI, 2016) y se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos conforme a los Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 3. Para la determinación de la calidad se aplicaron los índices ICA-PE y NSF-WQI, que consideran múltiples parámetros relevantes como DBO, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, sólidos totales, turbidez, pH y coliformes fecales. En cuanto al pH, en los ríos de la cuenca Chancay-Lambayeque y durante los años de estudio el valor se ha mantenido dentro de los rangos del ECA para la Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales), por el contrario, en las quebradas el pH, en el mismo periodo, ha presentado una mayor variación, principalmente por debajo del valor de 6,5 (pH mínimo) hasta alcanzar un valor de 2,9 de pH en el año 2014, evidenciando que se trata de corrientes de agua con un nivel de acidez considerable. En conclusión, los ríos de la cuenca Chancay-Lambayeque presentan parámetros dentro de los límites permitidos, mientras que las quebradas reflejan alteraciones debidas a pasivos ambientales y vertidos autorizados, con mayor impacto en la parte alta de la cuenca. La aplicación de los índices ICA-PE y NSF-WQI permitió una evaluación integral y consistente de la calidad del agua, evidenciando la

influencia de actividades antropogénicas y procesos de meteorización sobre los cuerpos de agua (Rodríguez, 2021).

2.1.2 Antecedentes regionales

Palomino (2018) evaluó la calidad del agua del río Mashcón (Cajamarca) mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en cinco estaciones de muestreo (E1–E5), comparando los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua). Los valores de pH oscilaron entre 7,08 y 7,40, cumpliendo el rango normativo (6,5–8,4), mientras que el oxígeno disuelto varió entre 5,69 y 6,93 mg/L, cumpliendo el criterio ≥ 4 mg/L. Sin embargo, se registraron concentraciones elevadas de materia orgánica y contaminación microbiológica, destacando la DBO₅ en E1 (94,0 mgO₂/L) y E4 (9,4 mgO₂/L), y la DQO en E1 (250 mgO₂/L) y E2 (268 mgO₂/L), además de coliformes totales extremadamente altos en E1 (92×10^6 NMP/100 mL) y E2 (14×10^6 NMP/100 mL), en contraste con estaciones aguas abajo como E3 (7000 NMP/100 mL), E4 (2000 NMP/100 mL) y E5 (1400 NMP/100 mL). El autor concluyó que existe un deterioro significativo de la calidad del agua en estaciones influenciadas por actividades antrópicas, recomendando fortalecer el monitoreo por tramos y el control de fuentes contaminantes para mejorar la gestión del recurso hídrico en la cuenca (Palomino, 2018).

Guerrero y Cabrera (2021) evaluaron la calidad del agua para uso agrícola en la cuenca media del río Jequetepeque (Cajamarca) mediante muestreos en seis estaciones (E1–E6) distribuidas desde Puente Kuntur Wasi hasta Puente Yonan,

comparando los resultados con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N.º 004-2017-MINAM), Categoría 3 (D1). Los resultados fisicoquímicos mostraron que el pH registró valores promedio entre 7,37 y 7,87, el oxígeno disuelto (OD) varió entre 6,04 y 6,95 mg/L, y la DBO₅ presentó valores entre 4,73 y 5,10 mg/L, evidenciando una carga orgánica moderada en el tramo evaluado. En cuanto a la calidad microbiológica, los coliformes totales alcanzaron 2400 UFC/100 mL en todas las estaciones, mientras que los coliformes termotolerantes registraron 1100 UFC/100 mL, valor que supera el límite del ECA (1000 NMP/100 mL) para la Categoría 3, lo que sugiere influencia de aportes domésticos en la cuenca media. Los autores concluyeron que el agua es apta para riego bajo normativa nacional, aunque recomendaron mantener vigilancia periódica y control de fuentes contaminantes para prevenir el deterioro bacteriológico (Guerrero & Cabrera, 2021).

Pastor et al. (2023) evaluaron la calidad ecológica y ambiental del agua del río Jequetepeque en el tramo San Juan–Chilete (Cajamarca) mediante campañas de muestreo en varios puntos del río, considerando el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, complementados con índices biológicos (BMWP y EPT) para caracterizar el estado ecológico del cuerpo de agua. Entre los resultados reportados, el pH presentó valores alcalinos con un rango aproximado entre 7,90 y 8,54, mientras que el oxígeno disuelto registró valores entre 6,85 y 7,41 mg/L. Respecto a la calidad microbiológica, se evidenciaron incrementos de coliformes totales y termotolerantes en algunos puntos, destacando concentraciones elevadas como 9 200 y 16 000 NMP/100 mL para

coliformes totales, así como 3 500 NMP/100 mL para coliformes termotolerantes en el tramo posterior a Chilete, lo cual sugiere influencia de aportes orgánicos locales. Los autores concluyeron que el tramo evaluado presenta un impacto moderado asociado a presiones antrópicas y recomendaron fortalecer el monitoreo periódico incorporando bioindicadores y acciones de gestión ambiental para reducir las fuentes de contaminación (Pastor et al., 2023).

2.2 Bases teórica

2.2.1 Estándares de calidad ambiental

El Estándar de calidad Ambiental establece el nivel de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, aire o suelo, que no representa riesgo significativo para la salud humana ni para el ambiente. Dependiendo del parámetro, la concentración puede expresarse en valores máximos, mínimos o rangos (Ley N° 28611, 2005).

Los ECA-Agua han sido aprobados y modificados mediante diversos decretos: D.S. N° 002-2008-MINAM, D.S. N° 015-2015-MINAM y D.S. N° 004-2017-MINAM, que establece la obligatoriedad de los ECA en la determinación de los usos del agua, el diseño de normas legales y políticas públicas, considerando las condiciones naturales, niveles de fondo y características de los contaminantes (MINAM, 2017).

2.2.2 Características ambientales de los ríos altoandinos

Los ríos de cabecera altoandinos presentan características hidromorfológicas y fisicoquímicas particulares. El caudal, ancho y profundidad varían

significativamente con la altitud, mostrando valores mayores en localidades de menor altitud. El oxígeno disuelto tiende a disminuir en zonas con contaminación orgánica o a mayor altitud, afectando la presencia de comunidades acuáticas (Villamarín & Rieradevall, 2014).

2.2.3 Caracterización hidroquímica del agua

Los ríos de alta montaña presentan condiciones físicas y químicas particulares que determinan la composición del agua y la distribución de los organismos acuáticos, influenciadas por factores como la geología, la altitud, el régimen hidrológico y las actividades antrópicas presentes en la cuenca. Estas características condicionan la variabilidad natural de parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y nutrientes, los cuales son fundamentales para la evaluación de la calidad del agua en ecosistemas altoandinos (Botero et al., 2020). En este sentido, la caracterización hidroquímica permite comprender las variaciones naturales del sistema fluvial y facilita la interpretación de los resultados obtenidos en estudios de monitoreo ambiental (Botero et al., 2020).

2.2.4 Cambio climático y ríos altoandinos

El cambio climático impacta de manera significativa en los ecosistemas altoandinos, principalmente a través del retroceso glaciar y la alteración del régimen hidrológico. Estos procesos influyen en la carga de sedimentos, metales y nutrientes transportados por los ríos, generando variaciones en los parámetros fisicoquímicos del agua y afectando la disponibilidad y estabilidad de los hábitats

acuáticos (IPCC, 2022; Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña [INAIGEM], 2023). Asimismo, diversas investigaciones han señalado que las variaciones climáticas pueden modificar temporalmente parámetros como el oxígeno disuelto, el pH y la conductividad en sistemas fluviales de montaña, lo cual debe considerarse en la interpretación de la calidad del agua (IPCC, 2022; INAIGEM, 2023). En este contexto, la consideración de la variabilidad climática resulta relevante para la adecuada interpretación de la calidad del agua y para el fortalecimiento de los criterios técnicos utilizados en la gestión ambiental y en la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para agua (IPCC, 2022; INAIGEM, 2023).

2.2.5 Seguridad hídrica y derecho humano al agua

El acceso a agua limpia y segura es un derecho humano fundamental, por lo que los ECA deben actualizarse considerando no solo criterios técnicos sino también de justicia ambiental (ONU, 2022; CEPAL, 2023). Garantizar la seguridad hídrica implica integrar la gestión de recursos hídricos, protección de ecosistemas y participación de la comunidad en la toma de decisiones (ONU, 2022; CEPAL, 2023).

2.2.6 Metodologías de monitoreo y control de la calidad de agua en ríos altoandinos

El monitoreo de la calidad del agua en ríos altoandinos requiere un enfoque integral que incorpore parámetros físicos, químicos y biológicos, así como las condiciones hidrológicas y ambientales propias del territorio, debido a su alta variabilidad espacial y estacional (Botero et al., 2020).

Respecto a los parámetros químicos, se evalúan nutrientes como nitratos y fosfatos, metales traza, oxígeno disuelto y compuestos orgánicos e inorgánicos. Además, la identificación de contaminantes emergentes resulta relevante para estimar riesgos potenciales sobre la biodiversidad acuática y la salud humana, especialmente en zonas influenciadas por actividades productivas (Flores et al., 2022).

La frecuencia y distribución del muestreo debe ajustarse a la estacionalidad (época de lluvias y estiaje) y a la accesibilidad de los cuerpos de agua, garantizando representatividad en la toma de muestras. Asimismo, el procesamiento y análisis deben realizarse en laboratorios acreditados por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) o por entidades equivalentes, asegurando la confiabilidad y trazabilidad de los resultados (Resolución Ministerial N.º 083-2021-MINAM). Finalmente, la información generada permite calcular índices de calidad del agua, como el Índice de Calidad del Agua para el Perú (ICA-PE), los cuales facilitan la interpretación integrada de los resultados y apoyan la gestión ambiental y la formulación de políticas públicas. En cuanto a los parámetros físicos, se consideran principalmente la temperatura, caudal, turbidez, conductividad eléctrica y pH, debido a que permiten identificar variaciones naturales asociadas a cambios estacionales, así como posibles alteraciones vinculadas a presiones antrópicas (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2024)

El Perú presenta una elevada diversidad ecológica, representada por 11 ecorregiones definidas a partir de la interacción entre factores climáticos, geológicos, biológicos y altitudinales, las cuales determinan condiciones ambientales diferenciadas a lo largo del territorio nacional. Esta diversidad condiciona los procesos hidrológicos y la composición fisicoquímica de los cuerpos de agua, especialmente en las zonas altoandinas, donde la altitud y la geología influyen directamente en parámetros como el pH, la conductividad eléctrica y el oxígeno disuelto, generando una variabilidad natural significativa en la calidad del agua (Brack, 2012).

De manera complementaria, Pulgar (2014) propuso la clasificación del territorio peruano en ocho regiones naturales, basada principalmente en la altitud y el clima, lo que permite comprender la heterogeneidad ambiental existente entre las diferentes cuencas hidrográficas del país. Esta variabilidad ambiental influye directamente en las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua, por lo que la aplicación de Estándares de Calidad Ambiental para agua de alcance nacional puede no reflejar adecuadamente las condiciones naturales de los ríos altoandinos, justificando el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos considerando las particularidades propias de cada cuenca (Pulgar, 2014).

2.3. Marco legal y normativo

La gestión ambiental en el Perú se sustenta en un marco legal amplio que garantiza el derecho de todas las personas a vivir en un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida (Constitución Política del Perú, 1993, art. 2, numeral 22). Este marco se complementa con leyes, decretos y resoluciones que establecen normas y procedimientos para la conservación y uso sostenible de los recursos naturales, así como para la protección de los ecosistemas y la salud de la población (Constitución Política del Perú, 1993).

La Ley N.º 28245 (2004) establece las funciones de la Autoridad Nacional Ambiental, incluyendo la propuesta, coordinación, dirección y evaluación de la Política Nacional Ambiental, así como la aprobación del Plan y la Agenda Nacional de Acción Ambiental (Ley N.º 28245 2004). Asimismo, el Título III de dicha norma, referido a la integración de la legislación ambiental, incorpora principios esenciales para la gestión ambiental en el país, como el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el enfoque ecosistémico, los cuales enfatizan la necesidad de conservar y utilizar responsablemente los recursos en función de la capacidad de los ecosistemas para mantenerse en el tiempo (Ley N.º 28245, 2004). Además, la ley reconoce los servicios ambientales como funciones de los ecosistemas que generan beneficios para la sociedad y promueve mecanismos orientados a su valorización y conservación, constituyendo un componente relevante para la sostenibilidad ambiental (Ley N.º 28245, 2004).

Por su parte, la Ley General del Ambiente establece los principios generales de la política ambiental en el Perú y constituye el marco jurídico base para la gestión ambiental, con la finalidad de asegurar la calidad de vida de la población mediante la protección, prevención y recuperación del ambiente, promoviendo el desarrollo sostenible (Ley N.º 28611, 2005). En este marco, define los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) como niveles de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que no representan riesgos significativos para la salud humana ni para el ambiente (Ley N.º 28611, 2005, art. 31.1), y dispone que su cumplimiento es obligatorio para el diseño y aplicación de normas legales y políticas públicas (Ley N.º 28611, 2005, art. 31.2). Asimismo, señala que la elaboración, actualización y revisión de los ECA están a cargo de la Autoridad Nacional Ambiental, en coordinación con los sectores competentes, considerando criterios técnicos y el principio de gradualidad para su implementación (Ley N.º 28611, 2005).

La Ley N.º 26839 (1997), Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica, establece la conservación *in situ* y *ex situ* de la diversidad biológica y promueve la participación del sector privado en colaboración con el Estado. Asimismo, la Ley de Áreas Naturales Protegidas, define categorías de áreas protegidas y zonas de amortiguamiento, fortaleciendo la planificación y gestión del sistema de áreas naturales protegidas (Ley N.º 26839, 1997).

La Ley N.º 29338 (2009), Ley de Recursos Hídricos, clasifica los cuerpos de agua considerando aspectos de cantidad, calidad y características hidrográficas,

estableciendo criterios para su uso sostenible y manejo integrado (Ley N.º 29338, 2009). Esta norma proporciona el marco legal para la gestión de los recursos hídricos en el Perú, incluyendo la obligación de evaluar y garantizar la calidad del agua mediante estándares nacionales y monitoreo permanente, lo cual resulta especialmente relevante para la protección de cuencas altoandinas y la planificación de políticas ambientales (Ley N.º 29338, 2009).

El Decreto Legislativo N.º 1013 (2008), Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente (MINAM), asigna al ministerio la responsabilidad de elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP), los cuales deben ser aprobados mediante Decreto Supremo (Decreto Legislativo N.º 1013, 2008). Esta normativa establece además que el MINAM debe coordinar con los sectores competentes y autoridades regionales y locales para garantizar la implementación efectiva de los ECA y LMP, asegurando la protección de los recursos hídricos y la salud de la población, así como el cumplimiento de los estándares en el diseño de políticas y normas ambientales (Decreto Legislativo N.º 1013, 2008).

El Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (2017) establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, determinando los valores máximos permisibles para diversos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Esta norma obliga a considerar los ECA en la gestión ambiental, asegurando que los cuerpos de agua cumplan con criterios de calidad adecuados para los distintos usos y promoviendo la protección de la salud humana y los ecosistemas acuáticos. Asimismo, el decreto proporciona lineamientos para la implementación,

monitoreo y actualización periódica de los ECA, en coordinación con los sectores competentes y autoridades locales (Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, 2017).

La Resolución Ministerial N.º 083-2021-MINAM (2021) aprueba los lineamientos para la elaboración, revisión y aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Esta norma establece procedimientos que incorporan criterios de consulta pública y participación intersectorial, garantizando que las actualizaciones de los ECA y LMP se realicen de manera transparente y técnica. Asimismo, define responsabilidades de los sectores competentes y autoridades ambientales, promoviendo un enfoque integral para la gestión de la calidad del agua y la protección de los recursos hídricos frente a actividades antrópicas y cambios ambientales (Resolución Ministerial N.º 083-2021-MINAM, 2021).

El Decreto Supremo N.º 020-2021-MINAM actualiza los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, incorporando parámetros adicionales como Uranio y Torio en aguas superficiales. Esta actualización tiene como objetivo mejorar la protección de la salud humana y de los ecosistemas acuáticos, considerando contaminantes emergentes y elementos que representan riesgos radiológicos. Asimismo, el decreto refuerza la obligatoriedad de cumplir con los ECA en la gestión ambiental y promueve la integración de estos parámetros en los programas de monitoreo y control de calidad del agua (D.S. N.º 020-2021-MINAM, 2021)

El Decreto Supremo N.º 018-2025-MINAM introduce modificaciones metodológicas a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), reforzando el enfoque de gradualidad en su implementación y considerando la inclusión de contaminantes emergentes. Esta actualización permite una gestión más flexible y adaptativa de la calidad del agua, asegurando la protección de la salud humana y los ecosistemas acuáticos frente a nuevas fuentes de contaminación y cambios ambientales. Además, promueve la integración de estas modificaciones en los programas de monitoreo, evaluación y control de los recursos hídricos (D.S. N.º 018-2025-MINAM, 2025).

Las resoluciones emitidas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) entre 2022 y 2024 actualizan las metodologías para el cálculo del Índice de Calidad de Agua para el Perú (ICA-PE). Estas actualizaciones incorporan parámetros adicionales como turbidez, sólidos totales disueltos y contaminantes emergentes, con el objetivo de reflejar de manera más precisa la calidad del agua y su adecuación para distintos usos. Asimismo, las resoluciones promueven la estandarización del monitoreo y facilitan la planificación de acciones de gestión y protección de los recursos hídricos en diversas cuencas del país (ANA, 2024).

Etapas para la elaboración, revisión y aprobación de ECA y LMP (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2021):

1. La elaboración del Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) constituye la etapa inicial del proceso normativo y es conducida por la Dirección General de Calidad

Ambiental del Ministerio del Ambiente, la cual convoca a los sectores competentes con el propósito de recopilar información técnica relevante y evaluar la vigencia de los ECA existentes, considerando criterios científicos, técnicos y normativos que permitan su actualización o formulación.

2. La aprobación del Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) se realiza una vez concluida la formulación técnica, momento en el cual la propuesta final es elevada al Viceministerio de Gestión Ambiental y a la Oficina General de Asesoría Jurídica del Ministerio del Ambiente para su evaluación y trámite correspondiente, culminando con su aprobación mediante Decreto Supremo.
3. El inicio del proceso de elaboración o revisión de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) es comunicado oficialmente a los sectores competentes y a la ciudadanía en general, a través de los medios de comunicación institucionales del Ministerio del Ambiente, garantizando la transparencia y la participación informada de los actores involucrados.
4. La elaboración del proyecto normativo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) es desarrollada por la Dirección General de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente, en coordinación con los sectores competentes, dentro de un

plazo máximo de doce meses, periodo durante el cual se consideran criterios técnicos, científicos y normativos, así como mecanismos de participación ciudadana.

5. La publicación del proyecto normativo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) tiene como finalidad ponerlo en conocimiento público y promover la participación ciudadana, permitiendo que los actores interesados formulen opiniones y sugerencias que contribuyan a su mejora y legitimidad.

De manera complementaria, la Directiva Marco del Agua constituye un referente internacional para la gestión de los recursos hídricos, al proponer un enfoque preventivo y ecosistémico que fortalece la planificación, el monitoreo y la mejora continua de la calidad del agua. En los Estados Unidos, la *Clean Water Act* (1972) y la *Safe Drinking Water Act* (1974) constituyen los principales instrumentos normativos para la gestión del agua superficial y del agua destinada al consumo humano, cuya implementación y fiscalización están a cargo de la *Environmental Protection Agency* (EPA); mediante el sistema de permisos *National Pollutant Discharge Elimination System* (NPDES) se regulan y controlan las descargas de contaminantes a los cuerpos de agua, mientras que los estándares de calidad del agua potable establecen límites máximos para metales pesados, sustancias químicas y microorganismos, evidenciándose, a partir de evaluaciones históricas, reducciones significativas de contaminantes puntuales y mejoras en los indicadores fisicoquímicos y microbiológicos, lo que demuestra la relevancia de contar con estándares claros y un monitoreo sistemático para la

protección de los ecosistemas acuáticos (Environmental Protection Agency [EPA], 2020).

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) realizó un análisis comparativo en 36 países miembros sobre los marcos regulatorios y los programas de monitoreo de la calidad del agua, en el cual se evidenció que, si bien la mayoría de los países ha adoptado estándares básicos de calidad hídrica, persisten retrasos en la incorporación de contaminantes emergentes y en la implementación de mecanismos de adaptación frente al cambio climático; este diagnóstico resalta la necesidad de la actualización periódica de los estándares ambientales y del diseño de programas de monitoreo integral, los cuales resultan especialmente relevantes y aplicables a contextos vulnerables como las zonas altoandinas [(Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2022).

En Canadá, el *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME) desarrolló un Índice de Calidad del Agua (ICA) que integra parámetros fisicoquímicos y biológicos evaluados en más de 200 estaciones de monitoreo en ríos y lagos, herramienta que ha permitido identificar cuerpos de agua afectados por contaminación por nitratos, fósforo y metales pesados, evidenciando riesgos potenciales para la salud humana y los ecosistemas acuáticos; en este sentido, el uso de un índice de calidad del agua facilita la interpretación cuantitativa del estado de los recursos hídricos y presenta un alto potencial de adaptación a ríos altoandinos, en concordancia con los criterios establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (CCME, 2001).

2.4 Definición de términos básicos

Calidad del agua

La calidad del agua se define como el grado en que este recurso cumple con las condiciones físicas, químicas y biológicas necesarias para ser considerada segura y apta para distintos usos, tales como el consumo humano, la recreación, el riego agrícola y las actividades industriales, sociales y públicas; dicha calidad puede verse afectada tanto por factores naturales —como variaciones climáticas y procesos geológicos— como por factores antrópicos asociados a actividades industriales, domésticas y a la inadecuada disposición de desechos, lo que hace indispensable la evaluación y el monitoreo periódico del agua a fin de verificar el cumplimiento de los estándares de seguridad y calidad establecidos por la normativa ambiental vigente (Zeomedia, 2023).

Instrumentos de gestión ambiental

Los instrumentos de gestión ambiental constituyen herramientas operativas de carácter funcional y complementario, diseñadas para implementar la Política Nacional Ambiental y asegurar el cumplimiento de las normas ambientales vigentes en el país, permitiendo la planificación, evaluación y control de las actividades susceptibles de generar impactos sobre el ambiente, conforme a lo establecido en el artículo 16 de la Ley N.º 28611, Ley General del Ambiente (Congreso de la República, 2005)

Ríos altoandinos

Son cursos de agua que se originan en zonas elevadas de la cordillera de los Andes, generalmente asociados a glaciares y lagunas de origen glaciar, y cumplen un rol clave en el abastecimiento de agua, la regulación hidrológica y el sostenimiento de ecosistemas altoandinos y aguas abajo (Banco de Occidente, 2019).

Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua)

Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) son normas que establecen los niveles de concentración o grados de presencia de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos en el agua, en condición de cuerpo receptor, que no representan un riesgo significativo para la salud humana ni para el ambiente, y cuyo cumplimiento es obligatorio como referencia para la formulación de políticas públicas, la regulación ambiental y la gestión de los recursos hídricos (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017).

Parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua

Los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua son variables utilizadas para evaluar su calidad y el estado de los ecosistemas acuáticos; los parámetros físicos comprenden la temperatura, el pH, la conductividad eléctrica, la turbidez y el caudal, mientras que los parámetros químicos incluyen nutrientes, metales traza, oxígeno disuelto y compuestos orgánicos e inorgánicos, en tanto que los indicadores biológicos, como los macroinvertebrados bentónicos, el fitoplancton y los bioindicadores microbiológicos, permiten analizar la capacidad del ecosistema

acuático para mantener sus funciones ecológicas esenciales y responder a presiones ambientales (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2024; Villamarín et al., 2014).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) es un parámetro que expresa la cantidad de oxígeno disuelto requerida por los microorganismos aerobios para degradar la materia orgánica biodegradable presente en el agua durante un periodo de cinco días a 20 °C, siendo utilizada como indicador del nivel de contaminación orgánica en cuerpos de agua (APHA, 2017).

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) representa la cantidad de oxígeno requerida para oxidar químicamente la materia orgánica e inorgánica presente en el agua mediante agentes oxidantes fuertes, permitiendo estimar la carga total de contaminantes oxidables (Metcalf & Eddy, 2014).

Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno presente en el agua y disponible para los organismos acuáticos, constituyendo un indicador fundamental de la calidad del agua, ya que niveles adecuados permiten el desarrollo de la vida acuática, mientras que concentraciones bajas pueden reflejar procesos de contaminación orgánica o condiciones ambientales desfavorables (U.S. Geological Survey [USGS], 2018).

Coliformes termotolerantes

Los coliformes termotolerantes son bacterias indicadoras de contaminación fecal capaces de fermentar lactosa a temperaturas elevadas (44–45 °C), utilizadas para evaluar riesgos sanitarios asociados al agua contaminada (World Health Organization [WHO], 2017).

Escherichia coli

Escherichia coli es una bacteria utilizada como indicador específico de contaminación fecal reciente en cuerpos de agua debido a su estrecha relación con el tracto intestinal de humanos y animales, siendo ampliamente empleada en la evaluación microbiológica del agua (EPA, 2020).

pH (potencial de hidrógeno)

El pH es una medida que expresa el grado de acidez o alcalinidad del agua en una escala de 0 a 14, donde valores menores a 7 indican acidez y valores mayores a 7 indican alcalinidad. Este parámetro es fundamental en la evaluación de la calidad del agua porque influye en la solubilidad y disponibilidad biológica de nutrientes y metales, pudiendo modificar la toxicidad de ciertas sustancias y afectar los organismos acuáticos (USGS, 2019).

Temperatura del agua

La temperatura es un parámetro físico que influye en los procesos químicos y biológicos de los ecosistemas acuáticos, afectando la solubilidad del oxígeno y el desarrollo de los organismos presentes en el agua (EPA, 2024).

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica mide la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, la cual depende de la concentración de sales e iones disueltos, siendo un indicador indirecto del nivel de mineralización del agua (APHA, 2017).

Contaminantes emergentes

Los contaminantes emergentes son sustancias químicas o biológicas no reguladas o recientemente reconocidas que se detectan en el ambiente acuático y que, aun en bajas concentraciones, pueden representar riesgos potenciales para la salud humana y los ecosistemas debido a su persistencia, bioacumulación y efectos a largo plazo (World Health Organization [WHO] 2019).

Índice de Calidad de Agua (ICA-PE)

El Índice de Calidad de Agua del Perú (ICA-PE) es una herramienta de evaluación que integra información proveniente de parámetros físicos, químicos y biológicos del agua, con el objetivo de determinar de manera sintética la calidad de los cuerpos hídricos y apoyar la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos, considerando factores como la variabilidad estacional, la presencia de contaminantes y las presiones ambientales asociadas al cambio climático (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2024).

Cuerpo receptor

Se denomina cuerpo receptor al cuerpo de agua superficial o subterráneo que recibe descargas de efluentes líquidos provenientes de actividades humanas o

naturales, y sobre el cual se evalúa la calidad del agua y el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), considerando sus características físicas, químicas y biológicas (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017).

Monitoreo de la calidad del agua

El monitoreo de la calidad del agua es el conjunto de actividades sistemáticas de medición, análisis y evaluación de parámetros físicos, químicos y biológicos realizadas en cuerpos de agua, con el objetivo de determinar su estado, identificar tendencias de contaminación y verificar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, como base para la gestión sostenible de los recursos hídricos (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2024). El monitoreo constituye una herramienta fundamental para sustentar decisiones de gestión ambiental, priorizar intervenciones en zonas críticas y prevenir el deterioro progresivo de los cuerpos hídricos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

El área de estudio comprendió ríos altoandinos situados por encima de los 2 000 m s. n. m., abarcando las cuencas del Marañón y del Jequetepeque, dentro de las regiones Cajamarca y Amazonas. Las estaciones de monitoreo se distribuyeron en las provincias de Celendín, Chota, Cajabamba, San Marcos, Chachapoyas, Luya, San Miguel, Cajamarca, Hualgayoc y Contumazá, con altitudes que variaron entre 2 079 y 3 798 m s. n. m. Esta diversidad altitudinal y geográfica permitió evaluar de manera representativa la calidad del agua en ecosistemas altoandinos y proporcionó información relevante para el análisis técnico de los estándares de calidad ambiental aplicables en la zona.

Adicionalmente, se registró que algunos informes de monitoreo no incluyeron resultados de todos los parámetros evaluados, situación que fue considerada durante el proceso de organización y tabulación de la información, con el fin de garantizar la comparabilidad entre estaciones y períodos de muestreo. En particular, cinco estaciones de la Autoridad Local de Agua (ALA) Crisnejas, incluidas dentro de la cuenca del Marañón (Tabla 1), no presentaron registros completos para el año 2021 y no se encontraron incluidas en el informe de monitoreo participativo correspondiente a ese año. No obstante, se dispuso de cuatro monitoreos previos, correspondientes a los años 2018, 2019 (dos registros)

y 2020, los cuales fueron incorporados en el procesamiento de datos para mantener la continuidad temporal de la información.

3.1 Ubicación de los puntos de monitoreo sobre los 2000 m s.n.m

Tabla 1

Puntos de monitoreo en la cuenca del río Marañón

AAA Marañón	Descripción	Coordenadas UTM WGS 84		Altitud
		Este	Norte	
RUtcu1	Río Utcubamba, a 100 m aguas abajo de la confluencia con el río Pomacochas, altura de la localidad de Leimebamba.	190135	9258102	2177
RJucu1	Río Jucusbamba, a 200 m aguas arriba del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas de la ciudad de Luya	173926	9317843	2313
QLboy1	Quebrada La Boya, aguas arriba del puente La Boya	799076	9225039	3642
QHuag1	Quebrada Huagashul (Llavidque), 1 km antes de la confluencia con el río Sendamal y aguas arriba del camino de herradura	802904	9228373	3199
QLcar1	Quebrada La Carpa, aguas arriba del puente La Carpa	802234	9229792	3184
RSend1	Río Sendamal, 100 m aguas arriba del puente Sendamal	804747	9232753	2476
QLiri1	Quebrada Lirio, 50 m aguas arriba del puente caserío Lirio	801438	9233082	2913
QChir2	Quebrada Chirimayo, 20 m aguas arriba del puente el Faro	801017	9233960	2864
RGran1	Río Grande, 100 m aguas abajo de la naciente del manantial (Naciente del río), tributa al río Las Yangas	816502	9238649	2640

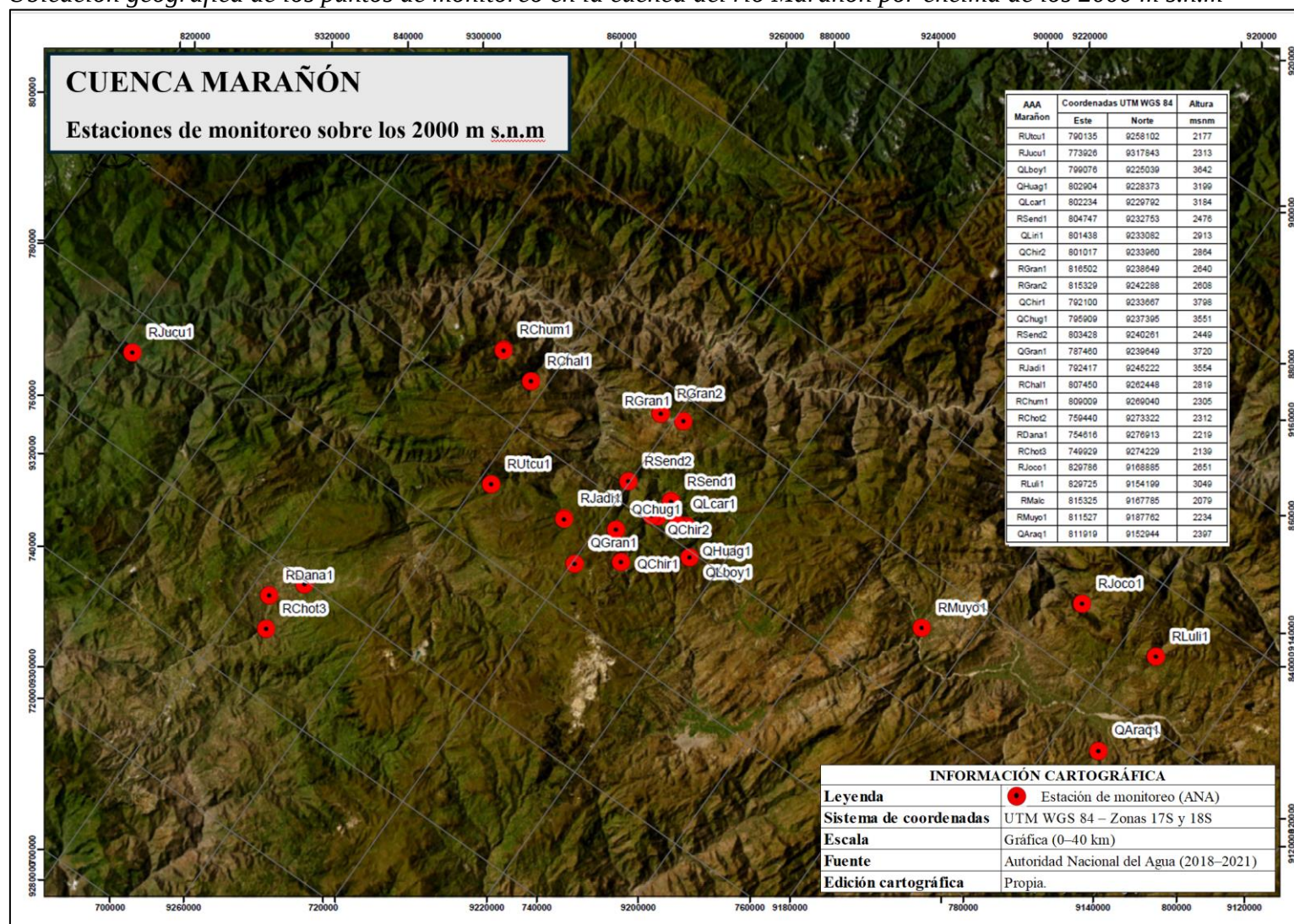
AAA Marañón	Descripción	Coordenadas UTM		Altitud
		WGS 84		
		Este	Norte	
RGran2	Rio Grande, 200 m aguas abajo del vertimiento de la ciudad de Celendín	815329	9242288	2608
QChir1	Quebrada Chirimayo, 20 m aguas arriba del puente peatonal Faro	792100	9233667	3798
QChug1	Quebrada Chugurmayo, 20 m aguas arriba del puente peatonal del caserío Chugurmayo	795909	9237395	3551
RSend2	Río Sendamal, 200 m aguas arriba del puente Chacapampa del Sauce	803428	9240261	2449
QGran1	Quebrada Grande, aguas arriba de la confluencia de la Qda. Lluspioc. Tributa al río Jadibamba	787460	9239649	3720
RJad1	Rio Jadibamba, 15 m aguas abajo del puente Pampa El Verde	792417	9245222	3554
RChal1	Río Chalan, aguas abajo de la zona urbana de Chalán	807450	9262448	2819
RChum1	Rio Chumuch, aguas arriba del distrito de Chumuch	809009	9269040	2305
RChot2	Chotano, después de la confluencia con la quebrada Colpamayo	759440	9273322	2312
RDana1	Rio Doña Ana, antes de la confluencia con el Rio Chotano	754616	9276913	2219
RChot3	Rio Chotano, aguas abajo de las descargas de aguas residuales domésticas de la localidad de Lajas, a 200 m aguas arriba de la estación hidrométrica de Senamhi - Estación Lajas.	749929	9274229	2139
RJoco1	Río Jocos, antes de la confluencia con el río Crisnejas.	829786	9168885	2651
RLuli1	Río Lulichuco, altura de la hidroeléctrica de Huayunga (empresa Hidrandina).	829725	9154199	3049
RMalc	Río Malca, aguas arriba del puente, Malcas.	815325	9167785,	2079

AAA	Descripción	Coordenadas UTM		Altitud
Marañón		WGS 84		
		Este	Norte	
RMuyo1	Río Muyoc (Huayobamba) aguas abajo de los vertimientos de la ciudad de San Marcos.	811527	9187762	2234
QAraq1	Quebrada Araqueda, antes de confluir sus aguas al río Condebamba.	811919	9152944	2397

Nota. Los datos corresponden a estaciones de monitoreo ubicadas en la cuenca del río Marañón, registradas por la Autoridad Nacional del Agua durante el periodo 2018–2021.

Figura 1

Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo en la cuenca del río Marañón por encima de los 2000 m s.n.m



Nota. Datos de la Autoridad Nacional del Agua (2018–2021)

En la Figura 1 se muestra la distribución espacial de las estaciones de monitoreo seleccionadas en la cuenca del río Marañón, a partir de la sistematización y procesamiento de la información registrada por la Autoridad Nacional del Agua, conforme al criterio altitudinal establecido.

Tabla 2

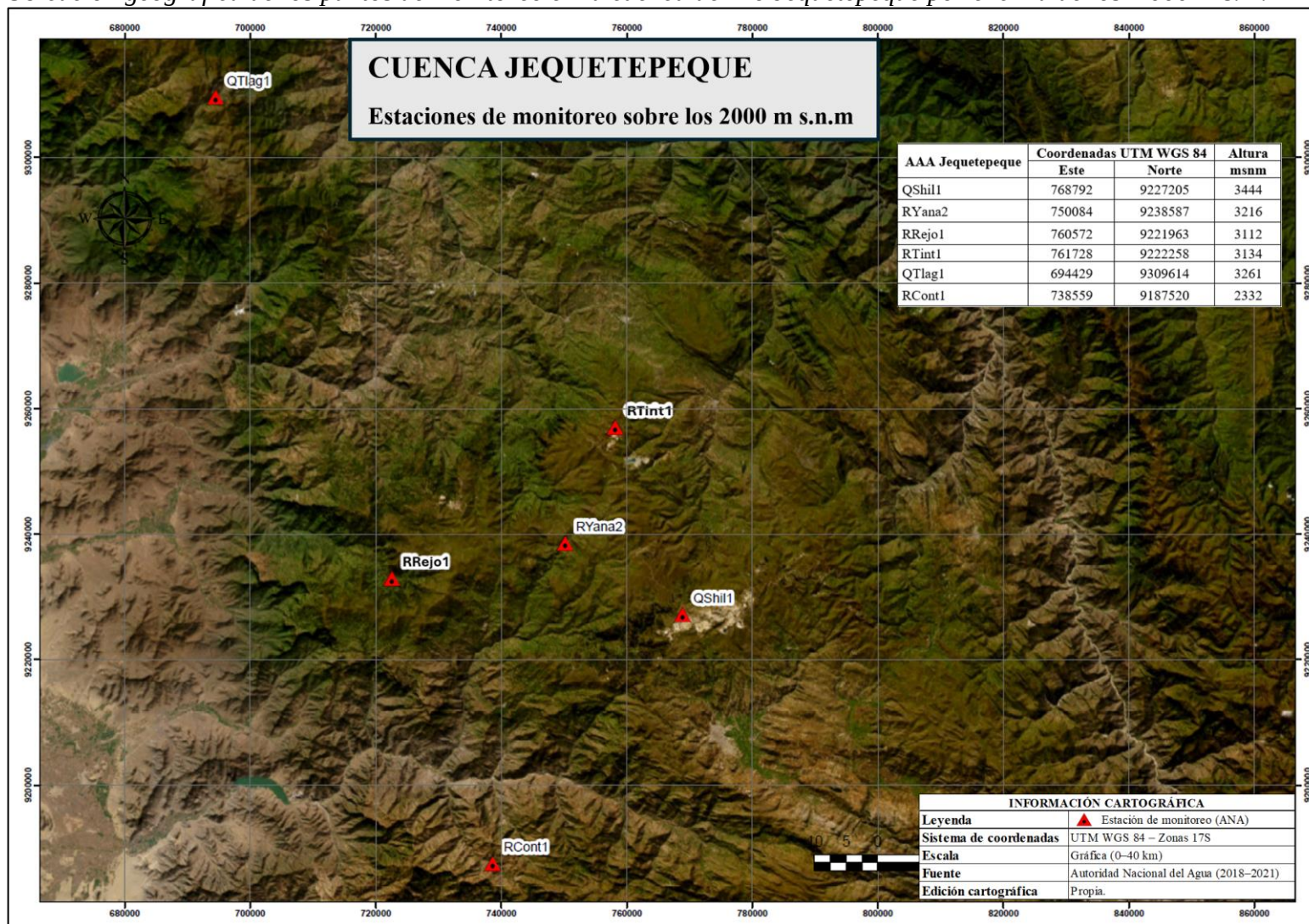
Puntos de monitoreo de la cuenca del río Jequetepeque

AAA	Descripción	Coordenadas		Altitud
Jquetepeque		UTM WGS 84		
		Este	Norte	m s.n.m
QShil1	Quebrada Shilamayo, a la altura del km 48, próximo al campamento Huandoy Yanacocha.	768792	9227205	3444
RYana2	Río Yanahuanga, a la altura del cruce entre el Pabellón Chico y El Empalme.	750084	9238587	3216
RRejo1	Río Rejo, 150 m antes del puente de la localidad de Tumbadén (carretera Granja Porcón-Tumbadén).	760572	9221963	3112
RTint1	Río Tinte, altura del Puente Inca Granja Porcón.	761728	9222258	3134
QTlag1	Quebrada Tres Lagunas, aproximadamente 20 m aguas abajo de la unión de las Quebradas Tres Pozos y Pozo Medio.	694429	9309614	3261
RCont1	Río Contumazá, altura del puente de la localidad de Santa Cruz de Toledo.	738559	9187520	2332

Nota. Los datos corresponden a estaciones de monitoreo ubicadas en la cuenca del río Jequetepeque, registradas por la Autoridad Nacional del Agua durante el periodo 2018–2021.

Figura 2

Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo en la cuenca del río Jequetepeque por encima de los 2 000 m s. n. m



Nota. Datos de la Autoridad Nacional del Agua (2018-2021)

En la Figura 2 se presentan los puntos de monitoreo ubicados en la cuenca del río Jequetepeque que cumplen el criterio altitudinal del estudio, correspondientes a estaciones situadas por encima de los 2 000 m s. n. m. Estas estaciones se encuentran bajo la jurisdicción de la Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque Zarumilla y corresponden al periodo de monitoreo 2018–2021.

3.2. Materiales

- Computadora con acceso a internet, Microsoft Office, Google Earth Pro y ArcGIS.
- Plataforma digital Observatorio del Agua (ANA).
- Informes de monitoreo de calidad de agua superficial (ANA, 2018–2021).
- Documentos normativos del Estándar de Calidad Ambiental para Agua – ECA Agua (DS N.º 004-2017-MINAM).
- Impresora y material bibliográfico de apoyo.

3.3. Metodología

La metodología desarrollada se estructuró en cuatro fases: obtención de la información, selección de estaciones, procesamiento y organización de datos, y análisis comparativo con la normativa vigente.

3.3.1. Obtención de la información

La información utilizada provino de informes oficiales de monitoreo de calidad de agua superficial. Para el desarrollo del estudio se consideraron parámetros de calidad de agua de tipo físico, químico y biológico, según disponibilidad en los

reportes recopilados. Estos parámetros fueron determinados mediante mediciones in situ y análisis de laboratorio reportados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y la Autoridad Local de Agua (ALA) Crisnejas, conforme a sus procedimientos de monitoreo

3.3.1.1 Solicitud formal de información

Se gestionó la entrega de informes de monitoreo ante la Autoridad Local de Agua (ALA) Crisnejas, con el fin de complementar datos provenientes de otras subcuencas altoandinas de Cajamarca.

3.3.1.2 Consulta en el observatorio del agua

Se exploró la plataforma oficial del Observatorio del Agua, administrada por la ANA, de la cual se descargaron los informes técnicos de los monitoreos ejecutados entre los periodos 2018 al 2021 en ríos altoandinos de las regiones Cajamarca y Amazonas. <https://snirh.ana.gob.pe/onrh/>

3.3.1.3. Periodos y momentos de toma de datos

Los informes de monitoreo analizados corresponden a información disponible entre los años 2018 y 2021 para estaciones ubicadas por encima de los 2 000 m s. n. m., según los registros oficiales de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y la Autoridad Local del Agua (ALA). Para cada año se consideraron las campañas de monitoreo incluidas en los informes recopilados, cuyas fechas corresponden a distintos momentos del ciclo hidrológico. Estas campañas incluyeron periodos de mayor y menor precipitación, lo que permitió incorporar la variabilidad estacional propia de los sistemas altoandinos en el análisis de los parámetros evaluados. Esta

disponibilidad permitió realizar el análisis comparativo y evaluar la variabilidad temporal de los parámetros de calidad del agua entre los años estudiados.

3.3.2. Selección y clasificación de estaciones

Las estaciones fueron organizadas en dos grupos pertenecientes a:

- AAA Marañón (25 estaciones)
- AAA Jequetepeque–Zarumilla (6 estaciones)
- La clasificación se realizó según:
 - Cuenca hidrográfica
 - Provincia y distrito
 - Altitud
 - Año(s) de monitoreo

Esta organización permitió facilitar la lectura, comparación y análisis de tendencias. El número de estaciones consideradas en cada cuenca corresponde a la totalidad de puntos de monitoreo ubicados por encima de los 2 000 m s. n. m. que contaban con información oficial disponible y validada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para el periodo 2018–2021.

3.3.3 Procesamiento de datos

3.3.3.1 Registro de parámetros analizados

Para cada estación de muestreo se recopilaron los parámetros seleccionados:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBOs, mg/L)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO, mg/L)
- Oxígeno Disuelto (OD, mg/L)
- Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)

- *Escherichia coli* (NMP/100 mL)
- pH
- Temperatura (°C)
- Conductividad (µS/cm)

3.3.3.2 Estandarización y tabulación de datos

La información recopilada de los informes (124 reportes en total) se organizó en tablas comparativas. Esta organización permitió evaluar de manera sistemática las variaciones temporales y espaciales de los parámetros de calidad del agua. Los datos de los diferentes años fueron integrados en una matriz consolidada, permitiendo su comparación interanual y el análisis de tendencias temporales bajo criterios homogéneos.

3.3.3.3 Control de calidad de los datos

Se aplicaron procedimientos de control de calidad que incluyeron:

- Verificación de la coherencia de las unidades de medida.
- Detección y análisis de valores atípicos.
- Revisión de la consistencia de los años y periodos evaluados.

3.3.3.4 Organización temporal de la información

Para el análisis de la información, los datos fueron organizados considerando el año y la fecha de monitoreo registrada en cada informe, lo cual permitió identificar variaciones interanuales y estacionales. Esta organización facilitó la

interpretación de los resultados y la construcción de tablas y gráficos comparativos empleados en el análisis sintético de los datos.

3.3.4. Análisis comparativo

Los valores obtenidos fueron comparados con los criterios establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, correspondiente a la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, específicamente en las subcategorías D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales. El análisis permitió determinar el grado de cumplimiento o incumplimiento de los parámetros evaluados respecto a la normativa ambiental vigente. Asimismo, se evaluó la frecuencia de incumplimientos por parámetro, estación y cuenca, permitiendo identificar patrones espaciales y temporales de variación en la calidad del agua, los cuales fueron representados mediante análisis gráfico y tablas resumen.

3.3.5. Tipo y diseño de investigación

- Enfoque: Cuantitativo

La investigación utilizó datos numéricos provenientes de los informes oficiales de monitoreo de calidad de agua superficial elaborados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

- Alcance: Exploratorio–Descriptivo

Exploratorio, debido a que se revisó y sistematizó un conjunto amplio de información secundaria correspondiente a diferentes estaciones y períodos

de monitoreo; y descriptivo, porque se caracterizó la calidad del agua de manera independiente por estación, cuenca y año de evaluación.

- Diseño: No experimental.

El estudio se desarrolló bajo un diseño no experimental, dado que no se manipularon variables, sino que se analizaron los datos tal como fueron reportados en su contexto natural. El análisis se realizó a partir de información secundaria correspondiente a los períodos de monitoreo comprendidos entre los años 2018 y 2021.

3.3.6. Consideraciones sobre la disponibilidad y vigencia de la información de monitoreo

La presente investigación se desarrolló a partir de los informes oficiales de monitoreo ejecutados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) entre los años 2018 y 2021, los cuales constituyen la información pública más completa, estandarizada y metodológicamente verificable disponible para las cuencas Maraón y Jequetepeque. Si bien algunas estaciones cuentan con monitoreos posteriores realizados por entidades privadas u operadores locales, estos no presentan continuidad espacial ni estandarización analítica, por lo que no cumplen los criterios establecidos en esta investigación para garantizar comparabilidad.

El uso de data proveniente exclusivamente de la ANA garantiza:

- Rigurosidad técnica, dado que los procedimientos analíticos provienen de laboratorios acreditados o con control de calidad validado.

- Homogeneidad metodológica, requisito fundamental para comparar resultados entre estaciones, años y cuencas.

Asimismo, se reconoce que la disponibilidad de datos posteriores a 2021 puede ser limitada debido a los tiempos de procesamiento, validación y publicación institucional. Ante ello, se incorporan únicamente los informes consolidados y validados al momento del desarrollo de esta tesis, lo cual asegura la solidez metodológica y permite interpretar tendencias sin comprometer la confiabilidad científica de los resultados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos del monitoreo de la calidad del agua superficial realizado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) entre los años 2018 y 2021, correspondientes a 31 estaciones de monitoreo ubicadas en las cuencas del Marañón y Jequetepeque, todas situadas por encima de los 2 000 m s. n. m. En cada estación se realizaron cuatro determinaciones, acumulando un total de 124 muestras analizadas.

4.2 Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en estaciones de monitoreo sobre los 2000 m s.n.m. cuatro determinaciones en cada estación.

4.2.1 Cuenca Marañón

Tabla 3

Resultados quebrada Chirimayo cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017-MINAM		28/10/2018	24/10/2019	23/11/2020	25/08/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	13:30 QChir1	11:45 QChir1	13:00 QChir1	02:24 QChir1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	< 2	5	5	9
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	5,2	----	7,03	4,19
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	33	70	7,8	33
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	11	33	7,8	23
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4		----	8,34	7,9
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	9,9	----	10,89	15,85
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	209	----	229,3	224,9

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 al 2021)

La Tabla 3 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la quebrada Chirimayo (QChir1), ubicada en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 3 798 m s.n.m., monitoreada por la Autoridad Nacional del Agua durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los valores obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales), lo que permite evaluar el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. De igual manera, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) se mantuvo dentro de los valores establecidos por el ECA (≤ 15 mg/L para D1 y D2) en todos los años evaluados, con valores menores a 2 mg/L en 2018, 2019 y 2020, y 2 mg/L en 2021. Asimismo, la demanda química de oxígeno (DQO) presentó valores dentro de los establecidos por el ECA (≤ 40 mg/L para D1 y D2) en todos los años, con mediciones de <2, 5, 5 y 9 mg/L para 2018, 2019, 2020 y 2021, respectivamente. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) se situó dentro de los valores establecidos por el ECA en 2018 y 2020 (5,2 y 7,03 mg/L, respectivamente), mientras que en 2021 registró 4,20 mg/L, valor que cumple con D1, pero no con D2 (≥ 5 mg/L), evidenciando un incumplimiento puntual. No se reportaron datos de OD en 2019, lo que impide realizar comparaciones interanuales completas. Asimismo, los coliformes termotolerantes se mantuvieron por debajo del valor establecido (≤ 1000 NMP/100 mL) en todos los años, con valores de 33, 70, 7,8 y 33 NMP/100 mL para 2018, 2019, 2020 y 2021, respectivamente. De igual manera, el *Escherichia coli* también se mantuvo por debajo del valor establecido (≤ 1000 NMP/100 mL), con

valores de 11, 33, 7,8 y 23 NMP/100 mL para 2018, 2019, 2020 y 2021. Por otro lado, el pH se situó entre 6,55 y 8,34, dentro del rango normativo definido por el ECA (6,5–8,5). No se reportaron datos para 2019. Asimismo, la temperatura del agua presentó valores de 9,9, 10,89 y 15,85 °C en 2018, 2020 y 2021, dentro de los rangos esperados para sistemas altoandinos. No se reportaron datos para 2019. Asimismo, la conductividad eléctrica se mantuvo entre 209 y 229,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dentro de los rangos esperados para sistemas altoandinos. No se reportaron datos para 2019.

En la quebrada Chirimayo (QChir1), los resultados del periodo 2018–2021 evidencian un comportamiento mayormente estable, debido a que los parámetros asociados a carga orgánica (DBO_5 y DQO) se mantuvieron dentro de los valores establecidos por el ECA, lo que sugiere ausencia de aportes relevantes de materia orgánica biodegradable o contaminación química significativa en el punto de monitoreo; este comportamiento es consistente con lo reportado para ecosistemas altoandinos, donde la calidad fisicoquímica suele mantenerse dentro de rangos característicos, aunque con variaciones temporales asociadas a condiciones locales (Ghimire 2013). No obstante, el oxígeno disuelto registró en 2021 un valor inferior al valor establecido para la subcategoría D2, evidenciando un incumplimiento puntual, el cual podría asociarse a condiciones hidrológicas específicas del periodo de monitoreo, como menor caudal y menor reaeración natural, factores que influyen en la disponibilidad de oxígeno en el agua; además, la ausencia de datos de OD en 2019 limita la comparación interanual para este parámetro. En cuanto a los indicadores microbiológicos, los coliformes

termotolerantes y *Escherichia coli* se mantuvieron dentro de los valores establecidos por el ECA durante los años evaluados, lo que indicaría que no existe contaminación fecal persistente en esta estación; sin embargo, las fluctuaciones interanuales podrían asociarse a aportes difusos ocasionales, como escorrentía superficial o influencias antrópicas intermitentes de baja intensidad, sin llegar a evidenciar incumplimiento. Este comportamiento difiere de lo reportado en estudios nacionales donde la contaminación microbiológica se incrementa en tramos con mayor presión antrópica y descargas domésticas, afectando de manera más marcada la calidad del agua (Choque, 2021; Sánchez, 2021).

Tabla 4*Resultados quebrada Chirimayo cuenca Marañón*

Parámetro	Unidad	DS N° 004- 2017-MINAM		10-2018	10-2019	11-2020	08-2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de)	QChir2	QChir2	QChir2	QChir2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	9	4	18	8
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	4,8	----	8,78	6,12
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	240	220	14	9,2
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	----	----	----	----
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,4	----	8,87	8,49
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	----	----	----	----
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	----	----	----	----

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 - 2021)

La Tabla 4 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la quebrada Chirimayo (QChir2), ubicada en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2 864 m s.n.m., monitoreada por la Autoridad Nacional del Agua durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los valores obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el

DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales), lo que permite evaluar el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) se mantuvo dentro de los valores establecidos por el ECA (15 mg/L para D1 y D2) en todos los años evaluados, con valores <2 mg/L en 2018, 2019 y 2020, y 2 mg/L en 2021; asimismo, la demanda química de oxígeno (DQO) presentó valores dentro del criterio del ECA (40 mg/L para D1 y D2) en todos los años evaluados, con mediciones de 9, 4, 18 y 8 mg/L para 2018, 2019, 2020 y 2021, respectivamente, reflejando la variabilidad temporal propia de los sistemas altoandinos. En cuanto a los coliformes termotolerantes se mantuvieron dentro de los valores establecidos por el ECA (≤ 1000 NMP/100 mL) en los años con datos disponibles, con valores de 240, 220, 14 y 9,2 NMP/100 mL para 2018, 2019, 2020 y 2021, respectivamente; Por su parte, *Escherichia coli* no fue reportada en ninguna de las campañas. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) registró 4,8 mg/L en 2018, 8,78 mg/L en 2020 y 6,12 mg/L en 2021. De acuerdo con los valores establecidos por ECA (≥ 4 mg/L para D1 y ≥ 5 mg/L para D2), en 2018 el OD cumple con D1, pero no con D2, mientras que en 2020 y 2021 cumple con ambas subcategorías; esta variación interanual podría deberse a cambios en el caudal, la turbulencia y la reaeración natural del cuerpo de agua entre campañas de monitoreo. Del mismo modo, el pH fue 8,4 en 2018 (cumple D1 y D2), aumentó a 8,87 en 2020 (incumple D1 y D2) y descendió a 8,49 en 2021 (cumple D1, pero incumple D2), lo que podría estar asociado a condiciones ambientales temporales como menor dilución y mayor actividad fotosintética durante ciertos periodos,

que incrementan la alcalinidad del agua. Por otro lado, no se registraron datos de OD en 2019, ni registros de temperatura ni conductividad eléctrica durante el periodo evaluado, lo cual limita la interpretación completa de la dinámica fisicoquímica de la estación.

En la estación QChir2, el comportamiento general de los parámetros fisicoquímicos sugiere una condición estable en términos de carga orgánica, debido a que la DBO₅ se mantuvo baja y la DQO presentó variaciones moderadas, lo cual es consistente con evaluaciones en microcuencas altoandinas donde la calidad del agua puede fluctuar entre campañas sin necesariamente reflejar contaminación persistente (Choque 2021). Sin embargo, el oxígeno disuelto registró un valor puntual inferior en el 2018 respecto al valor establecido para la subcategoría D2, lo cual podría asociarse a condiciones hidrológicas específicas del periodo de monitoreo, como menor caudal, menor turbulencia y menor reaeración natural, que reducen la disponibilidad de oxígeno aun sin evidenciar incrementos paralelos de materia orgánica. Asimismo, el incremento del pH en 2020 y su posterior disminución en 2021 podría explicarse por variaciones temporales en el equilibrio carbonato–bicarbonato, mayor actividad fotosintética o menor dilución en época de estiaje, condiciones que favorecen un aumento de la alcalinidad; este patrón de variación interanual ha sido reportado en ríos de alta montaña influenciados por cambios ambientales locales (Ghimire, 2013). Por otro lado, aunque los coliformes termotolerantes se mantuvieron dentro de los valores establecidos por el ECA durante todo el periodo, la disminución observada hacia 2020–2021 podría estar relacionada con una menor influencia de aportes difusos

de origen fecal (por ejemplo, escorrentía superficial o descargas intermitentes), lo cual coincide con estudios donde la presión antrópica condiciona principalmente la variación microbiológica entre tramos y periodos específicos de monitoreo (Palomino, 2018; Sánchez et al., 2021).

Tabla 5

Resultados quebrada Chugurmayo cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017-MINAM		28/10/2018	24/10/2019	23/11/2020	25/08/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de)	14:20 QChug1	10:00 QChug1	10:40 QChug1	09:36 QChug1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	4
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	< 2	4	12	5
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	5,3	----	7,37	4,9
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	130	110	130	17
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	33	70	49	13
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,3	----	8,59	8,32
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	13,8	----	10,79	12,99
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	261	----	154,5	274,6

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 5 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la quebrada Chugurmayo (QChug1), ubicada en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 3 551 m s.n.m., monitoreada por la Autoridad Nacional del Agua durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los valores obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales), lo que permite evaluar el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. La demanda química de oxígeno (DQO) presentó valores dentro del criterio del ECA (≤ 40 mg/L para D1 y D2) en todos los años con datos disponibles, con mediciones de <2 , 4, 12 y 5 mg/L para 2018, 2019, 2020 y 2021, respectivamente, reflejando una baja presencia de compuestos oxidables químicamente. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) se situó entre 5,3 mg/L en 2018, 7,37 mg/L en 2020 y 4,9 mg/L en 2021. Comparando con los criterios del ECA (≥ 4 mg/L para D1 y ≥ 5 mg/L para D2), el valor de 2018 y 2020 cumple con ambos, mientras que 2021 cumple con D1; no se reportaron datos de OD en 2019, lo que impide realizar comparaciones interanuales completas. Por otro lado, los coliformes termotolerantes se mantuvieron dentro de los valores establecidos por el ECA (≤ 1000 NMP/100 mL) en todos los años con datos disponibles, con valores de 130, 110, 130 y 17 NMP/100 mL para 2018, 2019, 2020 y 2021, respectivamente. Asimismo, el *Escherichia coli* también se mantuvo dentro del criterio del ECA (≤ 1000 NMP/100 mL) en los años con datos disponibles, con valores de 33, 70, 49 y 13 NMP/100 mL para 2018, 2019, 2020 y 2021. Asimismo, el pH registrado en la

quebrada Chugurmayo (QChug1) se situó entre 8,30 (2018), 8,59 (2020) y 8,32 (2021) en los años con información disponible (2018, 2020 y 2021). Comparando con los valores del ECA (6,5–8,5 para D1; 6,5–8,4 para D2), el valor de 2018 cumple con D1 y D2, mientras que los valores de 2020 y 2021 incumplen D2 (y en el caso de 2020, también incumple D1 si supera 8,5) el valor de 2018 y 2021 cumple con D1 y D2, mientras que el valor de 2020 incumple tanto D1 como D2. No obstante, el incremento del pH en 2020 podría deberse a condiciones hidrológicas particulares (menor caudal y dilución) y/o aportes puntuales locales, lo que explicaría la diferencia respecto a 2018 y 2021. No se reportaron datos de pH en 2019, lo que impide realizar comparaciones interanuales completas. Por otro lado, la temperatura y la conductividad eléctrica se ubicaron dentro de los rangos esperados para sistemas altoandinos (10,79–13,8 °C y 154,5–274,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente). No se reportaron datos de temperatura en 2019, lo que limita la comparación interanual completa de este parámetro.

En la quebrada Chugurmayo (QChug1), los resultados evidencian un comportamiento característico de sistemas altoandinos con baja carga orgánica, debido a que la DQO se mantuvo en valores reducidos y el oxígeno disuelto presentó condiciones adecuadas durante la mayor parte del periodo evaluado, lo cual coincide con lo reportado por Ghimire et al. (2013), quienes evaluaron parámetros fisicoquímicos en ríos de alta montaña del Parque Nacional Sagarmatha (Nepal), y por Grzywna y Sender (2021), quienes analizaron la calidad fisicoquímica de aguas superficiales en la cuenca del río Tyśmienica (Polonia) mediante indicadores de contaminación. Sin embargo, el descenso del

oxígeno disuelto observado en 2021, aunque mantiene cumplimiento en D1, podría asociarse a variaciones hidrológicas interanuales como cambios en el caudal, menor turbulencia del flujo y menor reaireación natural, además de posibles incrementos temporales de temperatura. De manera similar, el incremento del pH registrado en 2020, que supera los criterios establecidos para D1 y D2, podría explicarse por condiciones de menor dilución en determinados periodos y por procesos naturales como mayor alcalinidad del medio o mayor actividad fotosintética. Por otro lado, los valores de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* se mantuvieron dentro de los valores establecidos por el ECA, lo que sugiere ausencia de aportes fecales persistentes; no obstante, las variaciones interanuales podrían estar vinculadas a aportes intermitentes por escorrentía superficial o actividad humana temporal, lo cual ha sido descrito en evaluaciones de cuencas altoandinas con presión antrópica variable (Choque et al., 2021; Palomino, 2018).

Tabla 6

Resultados quebrada Grande cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017- MINAM		24/10/2018	25/10/2019	26/11/2020	26/08/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de	17:15 QGran1	11:00 QGran1	14:00 QGran1	13:40 QGran1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	< 2	12	13	7
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	5,4	----	7,06	4,52
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	17	11	< 1,8	< 1,8
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	4,5	4,5	146,4	< 1,8
pH	Unidad de PH	6,5-8,5	6,5-8,4	7,9	----	9,25	8,90
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	9,2	----	< 1,8	18,94
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	740	----	17,59	208,4

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 6 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la quebrada Grande (QGran1), ubicada en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 3 720 m s.n.m., monitoreada por la Autoridad Nacional del Agua durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los valores obtenidos fueron

comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales), lo que permite evaluar el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) se mantuvo dentro de los estándares de calidad de agua establecidos por el DS (≤ 15 mg/L para D1 y D2) en todos los años, con valores < 2 mg/L en 2018, 2019 y 2020, y 2 mg/L en 2021. Asimismo, la demanda química de oxígeno (DQO) presentó valores entre < 2 y 13 mg/L, dentro del estándar de ≤ 40 mg/L para D1 y D2 según el DS. Por otro lado, el oxígeno disuelto (OD) se situó dentro de los estándares de calidad de agua en 2018, 2020 y 2021 (5,4, 7,06 y 4,52 mg/L, respectivamente), considerando que el límite es ≥ 4 mg/L para D1 y ≥ 5 mg/L para D2; en 2021, el valor 4,52 mg/L cumple con D1, pero no alcanza D2. No se reportaron datos de OD en 2019, lo que impide comparaciones interanuales completas para este parámetro. Por otro lado, los coliformes termotolerantes se mantuvieron dentro del ECA (≤ 1000 NMP/100 mL) en todos los años, con valores entre $< 1,8$ y 17 NMP/100 mL. Asimismo, los resultados *Escherichia coli* se mantuvieron dentro del ECA. Por otro lado, el pH registrado se situó en 7,9 en 2018, 9,25 en 2020, 8,90 en 2021. Comparando con los valores establecidos por el ECA (6,5–8,5 para D1; 6,5–8,4 para D2), el valor de 2018 cumple con ambas subcategorías D1 y D2, mientras que los valores de 2020 y 2021 no cumplen con el ECA para D1 y D2; esta elevación del pH podría explicarse por condiciones hidrológicas particulares (menor caudal en época seca), mayor concentración de

sales disueltas y/o influencia de la geología local, lo que genera incrementos puntuales de alcalinidad. No se dispone de registro para 2019.

En la estación QGran1 (3 720 m s.n.m.), los resultados evidencian una condición general favorable respecto a la carga orgánica y la contaminación microbiológica, lo que sugiere una menor influencia de descargas domésticas directas en este punto durante el periodo evaluado. En contraste, en estudios desarrollados en cuerpos de agua con mayor presión antrópica se han reportado incrementos significativos de contaminación bacteriológica, principalmente asociados a zonas urbanas y descargas intermitentes de origen doméstico (Palomino 2018; Sánchez Araujo et al. 2021). Por tanto, el comportamiento observado en QGran1 podría estar relacionado con una menor exposición a fuentes puntuales de contaminación fecal o con una mayor capacidad de autodepuración del sistema en este tramo. Sin embargo, se identificó variación interanual en parámetros como oxígeno disuelto y pH, con registros que en algunos años no se mantuvieron dentro de los criterios del ECA para ambas subcategorías. Esta variabilidad podría explicarse por cambios hidrológicos estacionales característicos de ecosistemas altoandinos, como variaciones en el caudal, menor dilución en ciertos periodos y modificaciones en la reaeración natural. Asimismo, condiciones como una mayor actividad fotosintética o la influencia geoquímica local pueden incrementar temporalmente la alcalinidad del agua y generar aumentos puntuales de pH. Este patrón coincide con lo reportado en ríos de alta montaña, donde parámetros como pH y conductividad fluctúan según la altitud y condiciones ambientales locales (Ghimire et al., 2013).

Tabla 7

Resultados quebrada Huagashul cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004- 2017-MINAM		29/10/2018	22/10/2019	25/11/2020	28/08/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	13:50	12:30	10:00	09:50
				QHuag1	QHuag1	QHuag1	QHuag1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	2	2	13	6
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	5,4	----	7,83	5,23
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	4,5	< 1,8	< 1,8	< 1,8
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,15	----	8,62	8,26
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	11,6	----	11,62	11,47
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	350	----	263	308,2

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 7 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la quebrada Huagashul (QHuag1), ubicada en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 3 199 m s.n.m., monitoreada durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los valores obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3,

subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales), lo que permite evaluar el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) se mantuvo dentro de los valores establecidos por el ECA (15 mg/L para D1 y D2) en todos los años, con valores menores a 2 mg/L. La demanda química de oxígeno (DQO) presentó valores entre 2 y 13 mg/L, dentro de los valores del ECA para D1 y D2, registrando en 2020 un valor cercano al valor del ECA para D2, sin constituir incumplimiento. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) se situó dentro de los valores establecidos por el ECA en 2018, 2020 y 2021 (5,4, 7,83 y 5,23 mg/L, respectivamente), mientras que no se reportaron datos para 2019, lo que impide realizar comparaciones interanuales completas (ECA: ≥ 4 mg/L D1; ≥ 5 mg/L D2). Por otro lado, los coliformes termotolerantes se mantuvieron por debajo de los valores del ECA (≤ 1000 NMP/100 mL) en todos los años con datos disponibles (valores entre $<1,8$ y $4,5$ NMP/100 mL). Asimismo, la *Escherichia coli* también permaneció por debajo de los valores del ECA (≤ 1000 NMP/100 mL) en todos los años reportados ($<1,8$ NMP/100 mL). Del mismo modo, el pH registrado se situó en 8.15 en 2018, 8,62 y 8,26 en 2020 y 2021, respectivamente. Comparando con los valores establecidos por el ECA (6,5–8,5 para D1; 6,5–8,4 para D2), mientras que el valor de 2018 y 2021 cumple con ambas subcategorías D1 y D2, mientras que los valores de 2020 incumplen el ECA en D1 y D2. No se dispone de registro para 2019.

En la quebrada Huagashul (QHuang1), los resultados del periodo 2018–2021 evidencian una condición mayormente conservada, debido a que los parámetros asociados a carga orgánica (DBO₅ y DQO) se mantuvieron dentro de

los valores establecidos por el ECA, lo cual coincide con lo reportado por Ghimire (2013) en ríos de alta montaña, donde se registran condiciones fisicoquímicas generalmente estables y con variaciones asociadas al régimen hidrológico. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) mostró variación interanual, manteniéndose dentro de los criterios del ECA en los años evaluados con información disponible, lo que sugiere una adecuada capacidad de oxigenación del cuerpo de agua, influenciada por factores como caudal, turbulencia y reaeración natural. En cuanto a los indicadores microbiológicos, los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* se mantuvieron por debajo de los valores establecidos por el ECA durante el periodo evaluado, lo cual es consistente con estaciones ubicadas en zonas con menor presión antrópica. No obstante, este comportamiento difiere de lo reportado por Choque (2021) y Sánchez (2021), quienes registraron incrementos microbiológicos asociados a descargas domésticas y mayor intervención humana, afectando con mayor intensidad la calidad del agua en determinados tramos. En ese sentido, las fluctuaciones observadas en QHuag1 podrían atribuirse a aportes difusos ocasionales, como escorrentía superficial o influencias antrópicas intermitentes de baja intensidad, sin llegar a evidenciar un deterioro sostenido de la calidad del agua.

Tabla 8

Resultados quebrada La Boya cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004- 2017-MINAM		27/10/2018	24/10/2019	24/11/2020	28/08/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	14:50	14:30	15:30	07:12
				QLboy1	QLboy1	QLboy1	QLboy1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	8	11	13	13
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	4,8	----	6,86	4,67
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	49	49	22	< 1,8
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	17	17	11	< 1,8
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	7,7	----	6,7	7,09
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	11	----	12,43	12,13
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	450	----	8,87	30,6

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 8 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la quebrada La Boya (QLboy1), ubicada en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 3 642 m s.n.m., monitoreada durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los valores obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad

Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales), lo que permite evaluar el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) se mantuvo dentro de los valores del ECA en todos los años, con valores <2 mg/L, reflejando baja carga orgánica. La demanda química de oxígeno (DQO) presentó valores entre 8 y 13 mg/L, dentro de los criterios del ECA para D1 y D2, mostrando una ligera variación interanual sin constituir incumplimiento. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) se situó entre 4,8 mg/L en 2018, 6,86 mg/L en 2020 y 4,67 mg/L en 2021, cumpliendo con la categoría D1 en todos los años, pero no cumplió con la categoría D2 el resultado de los años 2018 y 2021; no se reportaron datos de OD en 2019. Los coliformes termotolerantes se mantuvieron dentro del ECA en todos los años (de <1,8 a 49 NMP/100 mL), al igual que *Escherichia coli* (de <1,8 a 17 NMP/100 mL), evidenciando un bajo riesgo microbiológico. Del mismo modo, El pH registrado osciló entre 6,7 y 7,7, cumpliendo con ambas subcategorías D1 y D2 en todos los años, reflejando estabilidad química en la cuenca. La temperatura y la conductividad eléctrica se mantuvieron dentro de los rangos esperados para sistemas altoandinos (11–12,43 °C y 8,87–450 µS/cm, respectivamente), mostrando condiciones físicas estables.

En la estación QLboy1, los resultados fisicoquímicos evidencian una condición favorable del cuerpo de agua, ya que la DBO₅ se mantuvo baja y la DQO presentó valores moderados sin evidenciar incumplimiento, lo cual coincide con lo reportado por Ghimire (2013) en ríos de alta montaña, donde predominan

características fisicoquímicas estables debido a menor intervención antrópica directa. De manera similar, los indicadores microbiológicos (coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*) se mantuvieron en valores bajos durante todo el periodo evaluado, lo que se asemeja a escenarios descritos en cuencas con baja presión humana, y difiere de lo encontrado por Palomino (2018) en el río Mashcón, donde la contaminación microbiológica se incrementó significativamente en estaciones influenciadas por descargas urbanas. No obstante, el oxígeno disuelto mostró variación interanual y presentó incumplimiento para D2 en 2018 y 2021, lo cual podría explicarse por condiciones hidrológicas particulares del periodo de muestreo, como menor caudal, menor turbulencia y reducción de la reaeración natural, factores que disminuyen el OD incluso sin un aumento paralelo de DBO₅; este comportamiento ha sido descrito también por Grzywna y Sender (2021), quien señala que la disponibilidad de oxígeno puede fluctuar por cambios físicos del sistema más que por contaminación orgánica. En conjunto, los resultados sugieren que QLboy1 mantiene una calidad de agua mayormente conservada, y que las variaciones observadas responderían principalmente a condiciones naturales de campaña y dinámica hidrológica local.

Tabla 9

Resultados quebrada La Carpa cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017-		29/10/2018	22/10/2019	25/11/2020	27/08/2021
		MINAM					
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	13:15	14:30	11:30	08:24
				QLcar1	QLcar1	QLcar1	QLcar1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	2	< 2	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	24	4	13	9
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	5,3	----	7,8	5,28
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	1400	4,5	11	< 1,8
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	330	2	4,5	< 1,9
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	7,7	----	8,55	7,8
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	10,4	----	12,09	10,07
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	390	----	287	313

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 9 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la quebrada La Carpa (QLcar1), ubicada en la cuenca del Marañón a una altitud aproximada de 3 184 m s.n.m., monitoreada por la Autoridad Nacional del Agua durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los valores obtenidos fueron

comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales), permitiendo evaluar el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) se mantuvo dentro de los valores del ECA en todos los años, con valores menores o iguales a 2 mg/L, indicando baja presencia de materia orgánica biodegradable. La demanda química de oxígeno (DQO) presentó variaciones interanuales entre 4 y 24 mg/L, permaneciendo dentro de los criterios del ECA para D1 y D2, reflejando aportes variables de compuestos oxidables. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) registró valores adecuados según los ECA, con 5,3 mg/L en 2018, 7,8 mg/L en 2020 y 5,28 mg/L en 2021, cumpliendo con D1 en todos los años y con D2 en 2018 y 2020; no se reportaron datos para 2019. Los coliformes termotolerantes presentaron valores superiores al ECA en 2018 (1 400 NMP/100 mL), mientras que en los años posteriores los valores se mantuvieron por debajo de los estándares establecidos, indicando recuperación de la calidad microbiológica de la cuenca. Esto podría explicarse por variaciones en el caudal y la capacidad de dilución entre años, así como por aportes puntuales de origen doméstico o pecuario en determinados periodos de monitoreo, lo que genera incrementos temporales en la carga microbiológica. Asimismo, *Escherichia coli* cumplió con ECA en todos los años. Por otro lado, el pH se mantuvo entre 7,70 (2018) y 7,78 (2021), valores que cumplen con los criterios establecidos para las subcategorías D1 y D2; sin embargo, en 2020 se registró un valor de 8,55, el cual cumple para D1, pero no cumple para D2, al superar el valor permitido para dicha

subcategoría. No obstante, estas variaciones del pH pueden estar asociadas a cambios estacionales del caudal, procesos naturales de interacción agua-roca y aportes locales, lo que puede incrementar la alcalinidad en ciertos años sin representar necesariamente una condición permanente. Por otro lado, la temperatura y conductividad eléctrica se mantuvieron dentro de los rangos esperados para sistemas altoandinos (10,07–12,09 °C y 287–390 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente). En conjunto, la quebrada La Carpa mantiene una calidad fisicoquímica compatible con los ECA, mientras que los eventos puntuales de contaminación microbiológica en 2018 destacan la necesidad de monitoreo continuo para asegurar la protección del recurso hídrico y prevenir riesgos para el uso animal y agrícola.

En la quebrada La Carpa (QLcar1), la dinámica observada en los parámetros fisicoquímicos sugiere un comportamiento compatible con cuerpos de agua altoandinos con variación temporal moderada, donde los cambios entre campañas pueden responder a condiciones hidrológicas propias del periodo de monitoreo. Este comportamiento coincide con lo descrito por Ghimire et al. (2013), quienes reportaron que ríos de alta montaña pueden mantener condiciones fisicoquímicas generalmente estables, pero con fluctuaciones asociadas a la altitud, estacionalidad y factores locales. Sin embargo, el incremento puntual de indicadores microbiológicos registrado en 2018 evidencia la posible influencia de aportes de origen doméstico o pecuario en determinados momentos, situación que se asemeja a lo reportado por Palomino (2018) en el río Mashcón, donde se identificó deterioro microbiológico en estaciones influenciadas por actividades humanas. En contraste, el hecho de que esta alteración no se mantenga de forma

constante en todos los años evaluados difiere de escenarios de afectación sostenida descritos por Albaggar (2021), quien encontró excedencias recurrentes en parámetros de calidad de agua asociadas a presiones más persistentes. En conjunto, QLcar1 refleja una condición con variaciones interanuales que podrían explicarse por cambios en caudal y capacidad de dilución, además de aportes puntuales intermitentes, lo cual refuerza la necesidad de mantener vigilancia periódica y control preventivo de fuentes locales.

Tabla 10

Resultados quebrada Lirio cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017- MINAM		29/10/2018	22/10/2019	25/11/2020	27/08/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	12:55	15:45	12:30	07:26
				QLiri1	QLiri1	QLiri1	QLiri1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	10	3	14	9
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	5,2	----	8,48	5,372
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	14	110	79	110
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	9,3	49	22	335,8
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,1	----	8,65	7,93
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	10,5	----	11,76	13,05
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	250	----	191,8	335,8

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 10 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la quebrada Lirio (QLiri1), ubicada en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2 913 m s.n.m., monitoreada durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los valores obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad

Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales), permitiendo evaluar el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) se mantuvo dentro de los valores establecidos por los ECA en todos los años, con valores menores a 2 mg/L, indicando baja presencia de materia orgánica biodegradable, la demanda química de oxígeno (DQO) presentó valores entre 3 y 14 mg/L, cumpliendo con los criterios establecidos para D1 y D2, reflejando bajos aportes de compuestos oxidables; el oxígeno disuelto (OD) registró valores de 5,2 mg/L en 2018, 8,48 mg/L en 2020 y 5,372 mg/L en 2021, cumpliendo con los ECA para D1 y D2; no se reportaron datos para 2019. Asimismo, los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, se mantuvieron dentro de los valores del ECA (≤ 1000 NMP/100 mL) durante los años con información disponible (14–110 NMP/100 mL). Asimismo, el pH registró valores de 8,10 en 2018 y 7,93 en 2021, los cuales cumplen con los valores establecidos por los ECA para D1 y D2; sin embargo, en 2020 se registró un valor de 8,65, el cual no cumple con los criterios de comparación para ambas subcategorías. Este incremento podría estar asociado a condiciones de menor dilución en el periodo de monitoreo, mayor influencia de procesos naturales de interacción agua–roca y variaciones en el equilibrio carbonato–bicarbonato, así como a aportes locales que favorecen valores más alcalinos en el punto de monitoreo. Asimismo, la temperatura del agua (10,5–13,05 °C) y la conductividad eléctrica (191,8–335,8 μ S/cm) se mantuvieron dentro de los rangos esperados para sistemas altoandinos. En conjunto, los

resultados muestran que la quebrada Lirio, cuenca Marañón, mantiene una calidad del agua adecuada para los usos asignados por la categoría 3. Los incrementos puntuales en indicadores microbiológicos y pH no representan incumplimientos críticos, y la información obtenida contribuye al análisis técnico-legal sobre la aplicabilidad y pertinencia de los ECA-Agua en la cuenca.

Los resultados de la Tabla 10 para la quebrada Lirio (QLiri1) durante 2018–2021 evidencian, en términos generales, una condición favorable de calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ y la DQO se mantuvieron bajas, lo cual sugiere una reducida carga de materia orgánica biodegradable y de compuestos oxidables; estos resultados son similares a lo reportado en sistemas de alta montaña, donde los parámetros fisicoquímicos tienden a mantenerse conservados y las variaciones responden principalmente a factores naturales y presiones localizadas (Ghimire et al., 2013). Asimismo, el oxígeno disuelto presentó valores acordes con el criterio de comparación, lo que puede asociarse a la turbulencia del flujo y a las bajas temperaturas características de ecosistemas altoandinos, coincidiendo con lo observado por Grzywna y Sender (2021) en un río con estado ecológico bueno, donde el OD varió entre estaciones por influencias locales. En cuanto al pH, se registró un incremento puntual que genera no cumplimiento respecto al criterio normativo, lo cual podría explicarse por condiciones hidrogeoquímicas del entorno, como la interacción agua-roca, procesos de meteorización o variaciones temporales de la composición iónica, situación que también se ha descrito como parte de la variabilidad natural en sistemas de montaña (Ghimire et al., 2013) y en

reservorios altoandinos con fluctuaciones de pH en el tiempo (Gonzales et al., 2025). Respecto al componente microbiológico, los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* se mantuvieron en valores bajos, lo que evidencia escasa influencia de contaminación fecal directa, diferenciándose de estudios nacionales donde se reportan incrementos bacteriológicos asociados a descargas domésticas y actividades agropecuarias, como en el río Ichu (Sánchez et al. 2021) y la microcuenca del río Chumbao (Choque et al. 2021). Del mismo modo, a nivel regional, QLiri1 presenta mejores condiciones que cuerpos de agua con mayor presión antrópica, como el río Mashcón y tramos del Jequetepeque, donde se registraron concentraciones elevadas de coliformes por aportes orgánicos locales (Palomino 2018; Pastor et al. 2023). En conjunto, la variación interanual observada podría estar influenciada por cambios en el caudal, estacionalidad, arrastre de material mineral y aportes puntuales del entorno, sin evidenciar un deterioro sostenido en el punto de monitoreo.

Tabla 11

Resultados río Chalán cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004- 2017-MINAM		26/10/2018	27/10/2019	28/11/2020	30/08/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de	12:25 RChal1	15:45 RChal1	11:30 RChal1	08:00 RChal1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	< 2	6	< 2	11
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	4,8	----	7,88	5,553
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	490	33	170	79
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	110	13	130	11
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	7,8	----	8,66	8,1
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	15,4	----	17,2	13,86
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	452	----	303,7	313,5

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 11 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Chalán (RChal1), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2 819 m s.n.m., monitoreado durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los valores obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.° 004-2017-MINAM, correspondientes a la

categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores menores a 2 mg/L en todos los años evaluados, los cuales se encuentran por debajo del estándar de calidad ambiental del ECA (15 mg/L) para la categoría 3, evidenciando cumplimiento continuo durante el periodo de monitoreo. De igual manera, la demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre <2 y 11 mg/L en el periodo 2018–2021, cumpliendo en todos los años con el estándar de calidad ambiental del ECA, establecido en 40 mg/L para las subcategorías D1 y D2. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 4,8 y 7,88 mg/L en los años con información disponible. En 2018, el valor de 4,8 mg/L cumple con el estándar para la subcategoría D1 (≥ 4 mg/L), pero no cumple con el estándar para D2 (≥ 5 mg/L). En los años 2020 (7,88 mg/L) y 2021 (5,55 mg/L), los valores registrados cumplen con los estándares de calidad ambiental establecidos por el ECA para D1 y D2. Esta variación interanual podría explicarse por condiciones hidrológicas específicas del año, como cambios en el caudal, menor turbulencia y menor reaeración del agua, factores que influyen directamente en la disponibilidad de oxígeno disuelto y pueden generar disminuciones puntuales. No se reportaron datos de OD para el año 2019. En cuanto a los parámetros microbiológicos, los coliformes termotolerantes presentaron concentraciones entre 33 y 490 NMP/100 mL durante el periodo de monitoreo, cumpliendo en todos los años con el estándar de calidad ambiental del ECA (1000 NMP/100 mL) para la categoría 3. Asimismo, *Escherichia coli* registró valores entre 11 y 130 NMP/100 mL en los años evaluados, los cuales cumplen con el estándar de

calidad ambiental del ECA para los usos de riego de vegetales (D1) y bebida de animales (D2). Asimismo, el pH presentó valores entre 7,8 y 8,66 durante el periodo de evaluación. En los años 2018 (7,8) y 2021 (8,1), los valores registrados cumplen con el estándar de calidad ambiental del ECA para las subcategorías D1 (6,5–8,5) y D2 (6,5–8,4). Sin embargo, en el año 2020, el valor de 8,66 supera el estándar de calidad ambiental establecido por el ECA para ambas subcategorías, evidenciando incumplimiento en dicho año. No se cuenta con información de pH para el año 2019. La temperatura del agua (13,86–17,2 °C) y la conductividad eléctrica (303,7–452 $\mu\text{S}/\text{cm}$) se mantuvieron dentro de los valores establecidos por el ECA en los años con información disponible.

Los resultados de la Tabla 11 para el río Chalán (RChal1) durante 2018–2021 evidencian en general una condición favorable de calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ y la DQO se mantuvieron bajas, lo cual refleja una reducida carga de materia orgánica biodegradable y de compuestos oxidables; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones antrópicas puntuales. En cuanto al oxígeno disuelto, el registro puntual que no cumple con el criterio de bebida de animales (D2) difiere de estudios donde este parámetro se mantiene de forma más constante en rangos asociados a buen estado ecológico, como lo descrito por Grzywna y Sender (2021), lo cual podría deberse a condiciones hidrológicas específicas del año evaluado, como menor turbulencia, menor reaireación o variaciones del

caudal en el punto de monitoreo. Respecto a los indicadores microbiológicos, las concentraciones de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* se mantuvieron en niveles bajos y acordes con el criterio de comparación, siendo estos resultados similares a sistemas con baja influencia de descargas domésticas directas; sin embargo, difieren de lo reportado por Sánchez et al. (2021) en el río Ichu, donde la carga bacteriológica se asoció a aportes urbanos, y de Choque et al. (2021), quienes evidenciaron incrementos de *Escherichia coli* hacia tramos inferiores por actividades agrícolas y ganaderas. En relación con el pH, el incremento puntual registrado en 2020 que genera no cumplimiento difiere de evaluaciones donde el pH se mantiene dentro del rango normativo en la mayor parte del periodo, como en ríos principales de la cuenca Chancay-Lambayeque (Rodríguez, 2021) y podría explicarse por procesos hidrogeoquímicos locales, interacción agua-roca o cambios temporales en la composición iónica del sistema, variaciones que también han sido descritas en ecosistemas de montaña (Ghimire et al., 2013).

Tabla 12

Resultados río Chotano cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017- MINAM	23/10/2018	24/09/2019	09/12/2020	24/09/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales) ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	13:00 RChot2	17:30 RChot2	11:00 RChot2	17:00 RChot2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	4	119	4	4
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	19	343	15	14
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	----	2,98	5,3	3,14
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	490	< 1,8	28000	22000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	170	< 1,8	22000	11000
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	8,23	7,6	7,66	9,27
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	21,3	17,5	----	21,95
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	531,3	1003	----	----

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 12 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Chotano (RChot2), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2 312 m s.n.m., monitoreado durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los valores obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental

(ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, correspondientes a la categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores de 4 mg/L en los años 2018, 2020 y 2021, los cuales cumplen con el estándar de calidad ambiental del ECA, cuyo valor es 15 mg/L para la categoría 3. Sin embargo, en el año 2019, se registró un valor de 119 mg/L, el cual supera el estándar de calidad ambiental establecido por el ECA, evidenciando incumplimiento en dicho año. Por otro lado, la demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre 14 y 19 mg/L en los años 2018, 2020 y 2021, cumpliendo con el estándar de calidad ambiental del ECA (40 mg/L). No obstante, en 2019 se registró un valor de 343 mg/L, el cual supera el estándar de calidad ambiental, evidenciando incumplimiento para ese año. Este incremento anómalo de la DBO₅ y la DQO podría estar asociado a un evento puntual de contaminación, como descargas de aguas residuales sin tratamiento y/o arrastre de materia orgánica por lluvias, lo que elevó la carga orgánica del cuerpo de agua y ocasionó el incumplimiento del ECA. Del mismo modo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 2,98 y 5,3 mg/L en los años con información disponible. En los años 2019 (2,98 mg/L) y 2021 (3,14 mg/L), los valores registrados no cumplen con los estándares de calidad ambiental establecidos por el ECA para las subcategorías D1 (≥ 4 mg/L) y D2 (≥ 5 mg/L). En contraste, en el año 2020, el valor registrado (5,3 mg/L) cumple con los estándares de calidad ambiental para ambas subcategorías. No se reportaron datos de oxígeno disuelto para el año 2018. Por otro lado, en los parámetros microbiológicos, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre $<1,8$ y

490 NMP/100 mL en los años 2018 y 2019, cumpliendo con el estándar de calidad ambiental del ECA (1000 NMP/100 mL). Sin embargo, en los años 2020 (28 000 NMP/100 mL) y 2021 (22 000 NMP/100 mL), los valores registrados superan el estándar de calidad ambiental, evidenciando incumplimiento en ambos años. De manera similar, *Escherichia coli* registró valores entre <1,8 y 170 NMP/100 mL en los años 2018 y 2019, cumpliendo con el estándar de calidad ambiental del ECA; no obstante, en 2020 (22 000 NMP/100 mL) y 2021 (11 000 NMP/100 mL), los valores superan el estándar de calidad ambiental, evidenciando incumplimiento para dichos años; el incremento de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* en 2020–2021 podría explicarse por eventos puntuales de contaminación fecal (descargas domésticas o esorrentía con arrastre de materia orgánica), los cuales suelen generar aumentos abruptos respecto a años previos. Asimismo, el pH presentó valores entre 7,6 y 8,23 en los años 2018, 2019 y 2020, los cuales cumplen con el estándar de calidad ambiental del ECA para las subcategorías D1 (6,5–8,5) y D2 (6,5–8,4). Sin embargo, en el año 2021, se registró un valor de 9,27, el cual supera el valor establecido por el ECA, evidenciando incumplimiento para ambas subcategorías, lo cual podría asociarse a condiciones hidrológicas de menor dilución o a cambios geoquímicos locales, lo que evidencia variaciones interanuales influenciadas por la dinámica del caudal y presiones antrópicas cercanas. Por otro lado, la temperatura del agua registró valores de 21,3 °C en 2018, 17,5 °C en 2019 y 21,95 °C en 2021, no contándose con información para el año 2020. La conductividad eléctrica presentó valores de

531,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018 y 1003 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2019, ambos dentro de los valores establecidos por el ECA, no registrándose datos para los años 2020 y 2021.

Los resultados de la Tabla 12 para el río Chotano (RChot2) durante 2018–2021 evidencian una variabilidad interanual marcada en la calidad del agua, debido a que en 2018, 2020 y 2021 la DBO₅ y la DQO se mantuvieron en valores compatibles con el criterio de comparación, mientras que en 2019 se registró un incremento abrupto de ambos indicadores, lo cual difiere de estudios desarrollados en sistemas con condiciones fisicoquímicas más estables, como lo descrito por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde las variaciones se asociaron principalmente a factores naturales y presiones puntuales; por ello, el aumento observado en 2019 podría estar relacionado con aportes extraordinarios de materia orgánica o descargas localizadas que incrementaron la carga contaminante en el punto de monitoreo. Asimismo, la disminución del oxígeno disuelto registrada en 2019 y 2021, que genera condición de no cumplimiento para D1 y D2, es coherente con escenarios donde existe mayor consumo de oxígeno por degradación de materia orgánica, siendo comparable con lo reportado por Sánchez et al. (2021) en el río Ichu, donde la afectación de la calidad del agua se asoció a presiones urbanas y elevadas cargas orgánicas, reflejadas en indicadores que reducen la disponibilidad de oxígeno. Respecto al componente microbiológico, los valores bajos de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* en 2018–2019 difieren del incremento extremo observado en 2020–2021, lo cual evidencia episodios de contaminación fecal significativa, situación similar a la reportada en tramos con influencia antrópica en Cajamarca, como el río Mashcón,

donde se registraron concentraciones muy elevadas de coliformes asociadas a actividades humanas (Palomino, 2018), y en el río Jequetepeque, donde se identificaron aumentos bacteriológicos posteriores a centros poblados por aportes orgánicos locales (Pastor et al., 2023); en ese sentido, el comportamiento de 2020–2021 en RChot2 podría explicarse por descargas domésticas, escorrentía con arrastre de excretas de ganado, o incrementos de aportes difusos durante determinados periodos hidrológicos. En cuanto al pH, los valores registrados entre 2018 y 2020 se mantuvieron dentro del rango esperado, mientras que el incremento observado en 2021 que genera no cumplimiento podría atribuirse a condiciones de menor dilución, cambios geoquímicos locales o variaciones en la composición iónica del agua, lo cual también se ha reportado como parte de la dinámica temporal en ecosistemas de montaña (Ghimire et al., 2013). En conjunto, los resultados sugieren que el río Chotano presenta un comportamiento influenciado por presiones antrópicas y eventos puntuales que explican las diferencias por año, por lo que resulta clave fortalecer el seguimiento del punto de monitoreo para identificar fuentes específicas de aporte orgánico y contaminación fecal, especialmente en los años donde se evidencian incrementos abruptos de los indicadores microbiológicos. se evidencian incrementos abruptos de los indicadores microbiológicos.

Tabla 13

Resultados río Chotano cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004- 2017-MINAM		23/10/2018	24/09/2019	09/12/2020	24/09/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de	14:30 RChot3	14:00 RChot3	16:30 RChot3	11:30 RChot3
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	3	3
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	7	3	11	8
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	----	6,86	6,8	6,84
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	24	11000	7000	6,8
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	14	7000	4600	2
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,59	8,1	7,9	9,65
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	19,8	20,5	----	----
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	440,6	439,2	----	----

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 13 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Chotano (RChot3), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2 139 m s.n.m., monitoreado durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los valores obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, correspondientes a la

categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) registró valores entre <2 y 3 mg/L durante el periodo de monitoreo, cumpliendo en todos los años con el estándar de calidad ambiental del ECA, cuyo valor es 15 mg/L para la categoría 3. De igual manera, la demanda química de oxígeno (DQO) presentó valores entre 3 y 11 mg/L, los cuales cumplen con el estándar de calidad ambiental establecido por el ECA, fijado en 40 mg/L para las subcategorías D1 y D2. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 6,8 y 6,86 mg/L en los años con información disponible (2019, 2020 y 2021), los cuales cumplen con los estándares de calidad ambiental establecidos por el ECA para las subcategorías D1 (≥ 4 mg/L) y D2 (≥ 5 mg/L). No se reportaron datos de oxígeno disuelto para el año 2018. En relación con los parámetros microbiológicos, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre 6,8 y 24 NMP/100 mL en los años 2018 y 2021, cumpliendo con el estándar de calidad ambiental del ECA (1000 NMP/100 mL). Sin embargo, en los años 2019 (11 000 NMP/100 mL) y 2020 (7 000 NMP/100 mL), los valores registrados superan el estándar de calidad ambiental, evidenciando incumplimiento en dichos años. De manera similar, *Escherichia coli* presentó valores entre 2 y 14 NMP/100 mL en los años 2018 y 2021, cumpliendo con el estándar de calidad ambiental del ECA; no obstante, en 2019 (7 000 NMP/100 mL) y 2020 (4 600 NMP/100 mL), los valores registrados superan el estándar de calidad ambiental, evidenciando incumplimiento para esos años; esta variación interanual podría asociarse a cambios en las condiciones hidrológicas y a presiones antrópicas temporales, como descargas domésticas puntuales, presencia de ganado o incremento de escorrentía superficial, factores que elevan la carga bacteriológica y

explican los picos registrados en 2019 y 2020. Por otro lado, el pH presentó valores entre 7,9 y 8,1 en los años 2019 y 2020, los cuales cumplen con el estándar de calidad ambiental del ECA para las subcategorías D1 (6,5–8,5) y D2 (6,5–8,4). En contraste, en los años 2018 (8,59) y 2021 (los valores registrados superan el estándar de calidad ambiental establecido por el ECA, evidenciando incumplimiento para ambas subcategorías. El incremento del pH en 2018 y 2021 podría estar influenciado por condiciones de menor dilución, cambios en la alcalinidad natural del sistema o aportes locales que favorecen valores más alcalinos. Por otro lado, la temperatura del agua registró valores de 19,8 °C en 2018 y 20,5 °C en 2019, no contándose con información para los años 2020 y 2021. La conductividad eléctrica presentó valores de 440,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2018 y 439,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2019, ambos dentro de los valores establecidos por el ECA, no registrándose datos para los años 2020 y 2021.

Los resultados de la Tabla 13 para el río Chotano (RChot3) durante 2018–2021 evidencian en general una condición fisicoquímica favorable para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ y la DQO se mantuvieron bajas y el oxígeno disuelto registró valores adecuados en los años con información disponible, lo cual es similar a lo reportado en evaluaciones de cuerpos de agua donde predominan condiciones fisicoquímicas estables y con baja carga orgánica, como lo descrito por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña. Sin embargo, a diferencia de esta estabilidad fisicoquímica, los indicadores microbiológicos mostraron incrementos importantes en 2019 y 2020, ya que los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* superaron el criterio de

comparación, evidenciando episodios de contaminación fecal temporal, comportamiento que es similar a lo reportado en tramos con influencia antrópica en Cajamarca, como el río Mashcón, donde se registraron concentraciones elevadas de coliformes asociadas a actividades humanas (Palomino, 2018), y el río Jequetepeque, donde se observaron aumentos bacteriológicos vinculados a aportes orgánicos locales posteriores a zonas pobladas (Pastor et al., 2023). Esta variación interanual podría explicarse por presiones antrópicas puntuales en el entorno del punto de monitoreo, tales como descargas domésticas, presencia de ganado en las riberas o incremento de escorrentía superficial con arrastre de materia orgánica, factores que suelen generar picos bacteriológicos respecto a años con menor intervención. En cuanto al pH, los valores que generan no cumplimiento en 2018 y 2021 difieren de años donde se mantuvo dentro del rango esperado, lo cual podría estar asociado a cambios en la alcalinidad natural del sistema, interacción agua-roca o condiciones de menor dilución en determinados periodos, variaciones que también han sido descritas como parte de la dinámica temporal en sistemas de montaña (Ghimire et al., 2013); en conjunto, los resultados sugieren que el tramo RChot3 mantiene estabilidad fisicoquímica, pero presenta vulnerabilidad microbiológica y episodios puntuales de alcalinidad elevada, por lo que resulta clave sostener el monitoreo para identificar fuentes específicas de contaminación fecal y condiciones locales que expliquen los incrementos por año.

Tabla 14

Resultados río Chumuch cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017- MINAM		26/10/2018	27/10/2019	28/11/2020	30/08/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	15:32 RChum1	12:20 RChum1	13:30 RChum1	07:12 RChum1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	< 2	< 2	< 2	10
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	4,9	----	7,82	5,25
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	4,5	11	240	6,8
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	< 1,8	4,5	130	2
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	7,8	----	8,1	7,6
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	19,4	----	16,96	15,12
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	620	----	199	200,9

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 14 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Chumuch (RChum1), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2 305 m s.n.m., monitoreado durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.° 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías

D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) registró valores menores a 2 mg/L en todos los años evaluados, manteniéndose ampliamente dentro del estándar establecido por el ECA para ambas subcategorías. De igual manera, la demanda química de oxígeno (DQO) presentó valores entre <2 y 10 mg/L, cumpliendo con el ECA en todos los años de monitoreo. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 4,9 y 7,82 mg/L en los años con información disponible. En el año 2018, el valor registrado (4,9 mg/L) cumple con el ECA para la subcategoría D1, pero no cumple con D2, al ser inferior al valor exigido por la norma. En los años 2020 (7,82 mg/L) y 2021 (5,25 mg/L), los valores registrados cumplen con los estándares de calidad ambiental establecidos para ambas subcategorías (D1 y D2). No se reportaron datos de oxígeno disuelto para el año 2019. Esta variación podría estar asociada a condiciones hidrológicas específicas del periodo de monitoreo (caudal, turbulencia y reaeración), las cuales influyen directamente en la disponibilidad de oxígeno en el cuerpo de agua. Por otro lado, los coliformes termotolerantes registraron valores entre 4,5 y 240 NMP/100 mL, cumpliendo con el ECA en todos los años evaluados. Por su parte, *Escherichia coli* presentó valores menores a 1000 NMP/100 mL en todos los años, con un valor máximo de 130 NMP/100 mL en 2020; si bien los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* se mantuvieron dentro del estándar del ECA en todos los años, el incremento observado en algunos periodos podría estar asociado a aportes puntuales de origen difuso (escorrentía superficial, presencia de ganado o descargas domésticas intermitentes), lo que evidencia variaciones temporales en la carga microbiológica

sin llegar a generar incumplimiento. En cuanto al pH registrado, este osciló entre 7,6 y 8,1, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías en los años con información disponible; no se reportaron datos para el año 2019. La temperatura del agua varió entre 15,12 y 19,4 °C, y la conductividad eléctrica entre 199 y 620 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores característicos de cuerpos de agua de la zona altoandina y sin evidenciar alteraciones significativas.

Los resultados de la Tabla 14 para el río Chumuch (RChum1) durante 2018–2021 evidencian en general una condición favorable de calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ y la DQO se mantuvieron bajas en todos los años, lo cual indica una reducida carga de materia orgánica biodegradable y compuestos oxidables; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. En cuanto al oxígeno disuelto, el registro puntual que no cumple con el criterio de bebida de animales (D2) difiere de los años en los que se mantiene adecuado para ambas subcategorías, lo cual podría deberse a condiciones hidrológicas específicas del periodo evaluado, como menor caudal, menor turbulencia y menor reaeración en el punto de monitoreo, factores que influyen directamente en la disponibilidad de oxígeno; este comportamiento es comparable con lo descrito por Grzywna y Sender (2021), quienes reportaron variaciones del OD entre estaciones asociadas a influencias locales. Respecto al componente microbiológico, los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* se mantuvieron dentro del criterio de

comparación en todos los años, lo cual difiere de escenarios regionales con fuerte presión antrópica donde se registran incrementos extremos de coliformes, como en el río Mashcón (Palomino, 2018) y algunos tramos del Jequetepeque (Pastor et al., 2023). Sin embargo, el incremento temporal observado en ciertos periodos podría asociarse a aportes difusos como escorrentía superficial, presencia de ganado en riberas o descargas domésticas intermitentes, lo que explica fluctuaciones sin generar incumplimiento. Finalmente, el pH se mantuvo dentro del rango esperado y la temperatura y conductividad eléctrica mostraron valores característicos de cuerpos de agua altoandinos, lo que refuerza que RChum1 presenta una calidad adecuada y variaciones temporales asociadas a la dinámica natural del sistema y presiones locales de baja intensidad.

Tabla 15

Resultados río Doña Ana cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017- MINAM	23/10/2018	24/09/2019	09/12/2020	24/09/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	16:00	18:30	14:00	09:00
		ECA-Cat.3 D2 (Bebida de	RDana1	RDana1	RDana1	RDana1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	< 2	< 2	3	4
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	< 2	< 2	17	8
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	----	5,01	8,5
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	23	790	11000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	13	330	7000
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,44	7,7	8,1
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	18,2	16,9	----
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	413,5	653,2	----

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 15 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Doña Ana (RDana1), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2 219 m s.n.m., monitoreado durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores entre <2 y 4 mg/L, cumpliendo con el ECA para ambas subcategorías en todos los años evaluados. De manera similar, la demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre <2 y 17 mg/L, manteniéndose dentro del estándar establecido por el ECA en todo el periodo de monitoreo.

Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 5,01 y 8,5 mg/L en los años con información disponible. En los años 2019 (5,01 mg/L), 2020 (8,5 mg/L) y 2021 (6,45 mg/L), los valores registrados cumplen con los estándares de calidad ambiental para ambas subcategorías (D1 y D2). No se reportaron datos de oxígeno disuelto para el año 2018. El incremento observado en 2020 podría estar asociado a condiciones hidrológicas particulares del periodo de muestreo, como mayor turbulencia y reaeración, que favorecen una mayor concentración de oxígeno en el agua.

Por otro lado, Los coliformes termotolerantes registraron valores entre 2 y 11 000 NMP/100 mL durante el periodo evaluado. En 2018 (23 NMP/100 mL), 2019 (790 NMP/100 mL) y 2021 (2 NMP/100 mL) los valores cumplieron con el ECA para D1 y D2 (≤ 1000 NMP/100 mL); sin embargo, en 2020 se registró 11 000 NMP/100 mL, evidenciando incumplimiento para ambas subcategorías.

Por su parte, *Escherichia coli* presentó valores entre <1,8 y 7 000 NMP/100 mL. En 2018 (13 NMP/100 mL), 2019 (330 NMP/100 mL) y 2021 (<1,8 NMP/100 mL) los valores cumplieron con el ECA para D1 (≤ 1000 NMP/100 mL); no obstante, en 2020 se registró 7 000 NMP/100 mL, evidenciando incumplimiento para D1. Para la subcategoría D2 no se cuenta con valor de referencia en la

norma, por lo que no fue posible realizar comparación. Este incremento abrupto en 2020 podría asociarse a aportes puntuales de origen fecal, como descargas domésticas intermitentes, presencia de ganado en las riberas o escorrentía superficial, los cuales pueden generar aumentos significativos en la carga bacteriológica en un año específico. Del mismo modo, el pH osciló entre 7,7 y 8,44. Los valores registrados en 2018, 2019 y 2020 cumplen con el ECA para ambas subcategorías, mientras que en 2021 (9,51) se evidencia incumplimiento para D1 y D2. Por otro lado, la temperatura del agua varió entre 16,9 y 21,3 °C, y la conductividad eléctrica entre 413,5 y 653,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores característicos de cuerpos de agua de la zona y sin evidenciar alteraciones significativas.

Los resultados de la Tabla 15 para el río Doña Ana (RDana1) durante 2018–2021 evidencian en general una condición fisicoquímica favorable para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ y la DQO se mantuvieron dentro del criterio de comparación en todo el periodo, lo cual indica una baja carga de materia orgánica biodegradable y compuestos oxidables; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. Asimismo, los valores de oxígeno disuelto registrados cumplen con el criterio de comparación en los años con información disponible, y el incremento observado en 2020 podría explicarse por condiciones hidrológicas particulares como mayor turbulencia y reaeración, lo cual coincide con lo señalado por Grzywna y Sender (2021), quienes describieron que la variabilidad del OD entre estaciones puede

responder a influencias locales y dinámica del flujo. Sin embargo, a diferencia de la estabilidad fisicoquímica, los indicadores microbiológicos muestran un incremento abrupto en 2020, ya que los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* superaron el criterio de comparación, comportamiento que es similar a lo reportado en cuerpos de agua con influencia antrópica en Cajamarca, como el río Mashcón, donde se registraron elevadas concentraciones de coliformes asociadas a actividades humanas (Palomino, 2018), y en tramos del río Jequetepeque donde se evidenciaron aumentos bacteriológicos vinculados a aportes orgánicos locales (Pastor et al., 2023); en ese sentido, el pico observado en 2020 podría estar asociado a aportes puntuales de origen fecal como descargas domésticas intermitentes, presencia de ganado en riberas o escorrentía superficial con arrastre de materia orgánica, los cuales explican incrementos significativos en un año específico. En cuanto al pH, los valores se mantuvieron dentro del rango esperado hasta 2020, mientras que el incremento registrado en 2021 que genera no cumplimiento podría estar relacionado con condiciones de menor dilución o cambios hidrogeoquímicos locales, variaciones que también han sido descritas como parte de la dinámica temporal en ecosistemas de montaña (Ghimire et al., 2013); en conjunto, los resultados sugieren que RDana1 mantiene una calidad adecuada en términos fisicoquímicos, pero presenta vulnerabilidad ante eventos puntuales de contaminación fecal y episodios de alcalinidad elevada, lo que refuerza la necesidad de sostener el monitoreo para identificar las fuentes que explican la variación interanual.

Tabla 16

Resultados río Grande cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004- 2017-MINAM		30/10/2018	28/10/2019	29/11/2020	31/08/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	10:00	15:55	14:00	02:24
				RGran1	RGran1	RGran1	RGran1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	4	4	12	6
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	5,4	----	5,65	3,27
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	220	170	790	220
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	79	70	490	170
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	7,17	----	7,62	8,37
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	17,3	----	17,28	17,58
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	473	----	362,2	380,2

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 16 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Grande (RGran1), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2 640 m s.n.m., monitoreado durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) registró valores menores a 2 mg/L en todos los años evaluados, cumpliendo con el ECA para ambas subcategorías. De igual forma, la demanda química de oxígeno (DQO) presentó valores entre 4 y 12 mg/L, manteniéndose dentro de los estándares de calidad ambiental durante todo el periodo de monitoreo. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 3,27 y 5,65 mg/L en los años con información disponible. En los años 2018 (5,4 mg/L) y 2020 (5,65 mg/L), los valores registrados cumplen con los estándares de calidad ambiental para ambas subcategorías (D1 y D2). En contraste, en el año 2021 (3,27 mg/L), el valor registrado no cumple con el ECA para D1 ni para D2. La disminución del OD en 2021 podría estar asociada a condiciones hidrológicas específicas del periodo, como menor caudal, menor turbulencia y menor reaeración, actores que influyen directamente en la disponibilidad de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua. No se reportaron datos de oxígeno disuelto para el año 2019. Por otro lado, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre 170 y 790 NMP/100 mL, cumpliendo con el ECA en todos los años evaluados. Por su parte, *Escherichia coli* registró valores entre 70 y 490 NMP/100 mL, manteniéndose dentro de los estándares de calidad ambiental para la categoría 3, subcategoría D1. Para la subcategoría D2 no se cuenta con valor de referencia en la norma, por lo que no fue posible realizar comparación. durante todo el periodo de evaluación. No obstante, las variaciones interanuales observadas en coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* podrían asociarse a aportes puntuales o difusos

de origen fecal, como escorrentía superficial o descargas intermitentes, sin llegar a evidenciar incumplimiento. Asimismo, el pH osciló entre 7,17 y 8,37, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías en los años con información disponible; no se reportaron datos para el año 2019. Por otro lado, la temperatura del agua se mantuvo alrededor de 17,3–17,58 °C, mientras que la conductividad eléctrica varió entre 362,2 y 473 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores característicos de cuerpos de agua altoandinos y sin evidenciar alteraciones significativas.

Los resultados de la Tabla 16 para el río Grande (RGran1) durante 2018–2021 evidencian en general una condición favorable de calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ y la DQO se mantuvieron bajas en todo el periodo de monitoreo, lo cual refleja una reducida carga de materia orgánica biodegradable y compuestos oxidables; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. En cuanto al oxígeno disuelto, la disminución registrada en 2021 que genera no cumplimiento para ambas subcategorías difiere de los años en los que se mantuvo adecuado, lo cual podría deberse a condiciones hidrológicas específicas como menor caudal, menor turbulencia y menor reaeración, así como a un incremento temporal del consumo de oxígeno por presencia de materia orgánica, comportamiento que también puede explicarse por diferencias locales en el flujo y en las características del tramo evaluado, tal como señalan Grzywna y Sender (2021) al evidenciar

variaciones espaciales del OD asociadas a influencias locales. Respecto al componente microbiológico, los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* se mantuvieron dentro del criterio de comparación en todos los años, lo cual difiere de escenarios regionales con mayor presión antrópica donde se reportaron concentraciones elevadas de coliformes, como el río Mashcón (Palomino 2018) y tramos del río Jequetepeque (Pastor et al. 2023); sin embargo, las variaciones interanuales observadas podrían asociarse a aportes puntuales o difusos de origen fecal, como escorrentía superficial o descargas intermitentes, sin llegar a evidenciar incumplimiento. Finalmente, el pH se mantuvo dentro del rango esperado y la temperatura y conductividad eléctrica mostraron valores característicos de cuerpos de agua altoandinos, lo que sugiere que RGran1 presenta una calidad adecuada, con una afectación puntual del oxígeno disuelto que requiere seguimiento para identificar las condiciones locales que explican dicha variación por año.

Tabla 17

Resultados río Grande cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004- 2017-MINAM		30/10/2018	28/10/2019	29/11/2020	31/08/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	09:00	14:08	15:00	04:04
				RGran2	RGran2	RGran2	RGran2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	22	< 2	114	30
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	118	19	257	96
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	4,9	----	2,87	2,21
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	46000	11000	28000	28000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	11000	1700	22000	17000
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	7,7	----	8,27	8,05
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	18,12	----	18,83	20,89
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	605	----	822,5	598,8

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 17 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Grande (RGran2), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2 608 m s.n.m., monitoreado durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1

(riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La DBO₅ registró valores de 22 mg/L (2018), <2 mg/L (2019), 114 mg/L (2020) y 30 mg/L (2021). Comparando con el ECA (≤ 15 mg/L para D1 y D2), se evidencia incumplimiento en 2018, 2020 y 2021, mientras que en 2019 se registró cumplimiento. Por su parte, la DQO presentó valores de 118 mg/L (2018), 19 mg/L (2019), 257 mg/L (2020) y 96 mg/L (2021); de acuerdo con el ECA (≤ 40 mg/L para D1 y D2), se observa incumplimiento en 2018, 2020 y 2021, y cumplimiento únicamente en 2019. En conjunto, ambos indicadores muestran una variación interanual marcada, con excedencias críticas en 2020, lo que sugiere aportes significativos de carga orgánica y compuestos oxidables en el tramo evaluado. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 2,21 y 4,9 mg/L en los años con información disponible. En el año 2018 (4,9 mg/L), el valor cumple con el ECA para D1, pero no cumple con D2. En los años 2020 (2,87 mg/L) y 2021 (2,21 mg/L), los valores registrados no cumplen con los estándares de calidad ambiental para ninguna de las subcategorías. Esta disminución del OD podría asociarse a una mayor carga orgánica y a la presencia de contaminación fecal, debido a que el incremento de materia orgánica biodegradable favorece el consumo de oxígeno por actividad microbiana, reduciendo su disponibilidad en el cuerpo de agua. No se reportaron datos de oxígeno disuelto para el año 2019. Por otro lado, los coliformes termotolerantes registraron valores entre 11 000 y 46 000 NMP/100 mL, evidenciando incumplimiento del ECA en todos los años evaluados. De manera similar, *Escherichia coli* presentó valores entre 1 700 y 22 000 NMP/100 mL, registrándose incumplimiento del ECA para D1 en todos los años de monitoreo, lo

que sugiere una influencia sostenida de fuentes de contaminación de origen doméstico o pecuario en el tramo evaluado. Por otro lado, el pH osciló entre 7,7 y 8,27, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías en los años con información disponible; no se reportaron datos para el año 2019. La temperatura del agua varió entre 18,12 y 20,89 °C, y la conductividad eléctrica se situó entre 598,8 y 822,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sin evidenciar alteraciones relevantes respecto a los valores característicos del cuerpo de agua.

Los resultados de la Tabla 17 para el río Grande (RGran2) durante 2018–2021 evidencian una afectación significativa y persistente de la calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO_5 y la DQO registraron valores elevados con condición de no cumplimiento en la mayoría de años, lo cual difiere de estudios desarrollados en sistemas con condiciones fisicoquímicas más estables, como lo descrito por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde la variabilidad se asoció principalmente a factores naturales y presiones puntuales; en este caso, el comportamiento observado sugiere una influencia continua de aportes orgánicos en el tramo evaluado. Asimismo, la disminución del oxígeno disuelto, especialmente en 2020 y 2021, es coherente con escenarios donde existe una mayor carga de materia orgánica biodegradable que incrementa el consumo de oxígeno por actividad microbiana, situación que es similar a lo reportado por Sánchez et al. (2021) en el río Ichu, donde la calidad del agua se vio afectada por descargas domésticas y elevadas cargas orgánicas que repercuten en parámetros asociados al oxígeno disponible. Respecto al componente microbiológico, las concentraciones de

coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* evidencian no cumplimiento en todos los años de monitoreo, lo cual es similar a lo reportado en cuerpos de agua con fuerte influencia antrópica en Cajamarca, como el río Mashcón, donde se registraron niveles extremadamente altos de coliformes vinculados a actividades humanas (Palomino, 2018), y en tramos del río Jequetepeque donde se evidenciaron incrementos bacteriológicos asociados a aportes orgánicos locales (Pastor et al., 2023); por ello, los resultados de RGran2 podrían explicarse por una presión sostenida de fuentes de contaminación fecal de origen doméstico y/o pecuario, además de escorrentía superficial con arrastre de excretas y materia orgánica, lo que justificaría los valores elevados de manera recurrente. En contraste, el pH se mantuvo dentro del rango esperado, lo que indica que la principal problemática del tramo no se relaciona con alteraciones ácido–base, sino con la carga orgánica y microbiológica, reforzando la necesidad de identificar las fuentes cercanas de vertimiento y fortalecer el control y seguimiento del punto de monitoreo para reducir la contaminación y la variación interanual observada.

Tabla 18

Resultados río Jadibamba cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017- MINAM		25/10/2018	26/10/2019	27/11/2020	29/08/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de	12:19	12:00	11:00	07:12
				RJadi1	RJadi1	RJadi1	RJadi1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	5	< 2	12	6
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	5,7	----	7,18	4,89
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	17	14	14	70
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	7,8	11	11	33
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,46	----	8,53	8,32
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	13,86	----	12,96	11,95
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	311	----	279	295,2

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 18 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Jadibamba (RJad1), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 3 554 m s.n.m., monitoreado durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) registró valores entre <2 y 2 mg/L, cumpliendo con el ECA para ambas subcategorías en todos los años evaluados. De manera similar, la demanda química de oxígeno (DQO) presentó valores entre <2 y 12 mg/L, manteniéndose dentro de los estándares de calidad ambiental durante todo el periodo de monitoreo. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 4,89 y 7,18 mg/L en los años con información disponible. En los años 2018 (5,7 mg/L) y 2020 (7,18 mg/L), los valores registrados cumplen con los estándares de calidad ambiental para ambas subcategorías (D1 y D2). En contraste, en el año 2021 (4,89 mg/L), el valor cumple con D1, pero no cumple con D2, al ser inferior al valor exigido por la norma. No se reportaron datos de oxígeno disuelto para el año 2019. Por otro lado, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre 14 y 70 NMP/100 mL, cumpliendo con el ECA en todos los años evaluados. Por su parte, *Escherichia coli* registró valores entre 7,80 y 33 NMP/100 mL, manteniéndose dentro de los estándares de calidad ambiental para la categoría 3 durante todo el periodo de evaluación. Del mismo modo, el pH osciló entre 8,32 y 8,53. El valor registrado en 2018 (8,46) cumple con D1, pero no cumple con D2, mientras que en 2020 (8,53) se evidencia incumplimiento para ambas subcategorías. En 2021 (8,32), el valor registrado cumple con los estándares de calidad ambiental para D1 y D2. No se reportaron datos de pH para el año 2019. La temperatura del agua varió entre 11,95 y 13,86 °C, y la conductividad eléctrica

se situó entre 279 y 311 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores característicos de cuerpos de agua altoandinos y sin evidenciar alteraciones significativas.

Los resultados de la Tabla 18 para el río Jadibamba (RJadi1) durante 2018–2021 evidencian en general una condición favorable de calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO_5 y la DQO se mantuvieron bajas en todos los años, lo cual indica una reducida carga de materia orgánica biodegradable y compuestos oxidables; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. En cuanto al oxígeno disuelto, el registro de 2021 que cumple para D1 pero no para D2 difiere de los años donde se mantiene adecuado para ambas subcategorías, lo cual podría deberse a condiciones hidrológicas específicas del periodo evaluado, como menor caudal, menor turbulencia y menor reaeración en el punto de monitoreo, aspectos que influyen en la disponibilidad de oxígeno y pueden generar disminuciones puntuales, tal como también se ha evidenciado en ríos con variaciones asociadas a influencias locales (Grzywna & Sender 2021). Respecto al componente microbiológico, los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* se mantuvieron en valores bajos y acordes con el criterio de comparación durante todo el periodo, lo cual difiere de estudios regionales donde se registraron incrementos importantes de coliformes por influencia antrópica, como el río Mashcón (Palomino, 2018) y tramos del Jequetepeque (Pastor et al., 2023), lo que sugiere que el punto RJadi1 presenta menor exposición a aportes directos de

contaminación fecal. Finalmente, el pH mostró variaciones cercanas al rango superior y generó no cumplimiento puntual, lo cual podría explicarse por condiciones hidrogeoquímicas locales y cambios temporales en la composición iónica del agua, coherente con la variabilidad descrita en ecosistemas altoandinos (Ghimire et al., 2013); en conjunto, los resultados reflejan que el río Jadibamba mantiene una calidad adecuada, con fluctuaciones puntuales en OD y pH que requieren seguimiento para confirmar si responden a eventos aislados o a cambios temporales del entorno del punto de monitoreo.

Tabla 19

Resultados río Jucusbamba cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004- 2017-MINAM		09-2018	08-2019	11-2020	09-2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	RJucu1	RJucu1	RJucu1	RJucu1
Demanda	mg/L	15	15				
Bioquímica de Oxígeno (DBO5)				< 2	< 2	2	2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	----	18	9	14
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	3,74	7,98	3,95	3,65
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	----	4600	2400	4900
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	----	----	----	----
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	7,84	8,44	8,11	8,6
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	----	----	----	----
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	----	----	----	----

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 19 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Jucusbamba (RJucu1), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2 313 m s.n.m., monitoreado durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores entre <2 y 2 mg/L, cumpliendo con el ECA para ambas subcategorías en todos los años evaluados. La demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre 9 y 18 mg/L en los años con información disponible, manteniéndose dentro del estándar establecido por el ECA; no se reportaron datos para el año 2018. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 3,65 y 7,98 mg/L. En el año 2019 (7,98 mg/L), el valor registrado cumple con los estándares de calidad ambiental para ambas subcategorías (D1 y D2). En los años 2018 (3,74 mg/L), 2020 (3,95 mg/L) y 2021 (3,65 mg/L), los valores no cumplen con el ECA para D1 ni para D2, al encontrarse por debajo de los valores exigidos por la norma. Por otro lado, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre 2 400 y 4 900 NMP/100 mL en los años con información disponible, evidenciando incumplimiento del ECA para ambas subcategorías en 2019, 2020 y 2021. No se reportaron datos para el año 2018. En el caso de *Escherichia coli*, no se cuenta con registros para ninguno de los años evaluados, por lo que no fue posible realizar la comparación con el ECA para este parámetro. Del mismo modo, el pH osciló entre 7,84 y 8,6. En los años 2018 (7,84) y 2020 (8,11), los valores registrados cumplen con el ECA para D1 y D2.

En el año 2019 (8,44), el valor cumple con D1, pero no cumple con D2, mientras que en 2021 (8,6) se evidencia incumplimiento para ambas subcategorías. No se reportaron datos de temperatura del agua ni de conductividad eléctrica durante el periodo de monitoreo.

Los resultados de la Tabla 19 para el río Jucusbamba (RJucu1) durante 2018–2021 evidencian una condición contrastante entre el comportamiento fisicoquímico y los indicadores asociados a oxigenación y contaminación bacteriológica, debido a que la DBO_5 se mantuvo baja en todos los años y la DQO se encontró dentro del criterio de comparación en los años con información disponible, por lo que estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. A diferencia de esta estabilidad, el oxígeno disuelto presentó valores que no cumplen con el criterio de comparación en la mayoría de años, lo cual podría estar asociado a condiciones hidrológicas locales como menor caudal, menor turbulencia y menor reaeración, además de que la contaminación bacteriológica registrada sugiere aportes fecales que no necesariamente se reflejan en incrementos de DBO_5 en el momento del muestreo, situación que también ha sido evidenciada en cuerpos de agua influenciados por presiones antrópicas, donde la carga orgánica y las descargas domésticas repercuten en parámetros críticos de calidad, como lo reportado por Sánchez et al. (2021) en el río Ichu. En relación con el componente microbiológico, los coliformes termotolerantes evidenciaron no cumplimiento en 2019–2021, por lo

que estos resultados son similares a lo reportado por Palomino (2018) en el río Mashcón, donde se registraron concentraciones elevadas de coliformes asociadas a actividades antrópicas, y guardan relación con lo observado en el río Jequetepeque, donde se identificaron incrementos bacteriológicos vinculados a aportes orgánicos locales (Pastor et al. 2023); en ese sentido, el comportamiento observado en RJucu1 podría explicarse por la influencia sostenida de fuentes de contaminación fecal, tales como descargas domésticas intermitentes, presencia de ganado en las riberas o escorrentía superficial con arrastre de excretas. Respecto al pH, se registraron incrementos puntuales que generan no cumplimiento para D2 en 2019 y para ambas subcategorías en 2021, lo cual podría estar relacionado con variaciones temporales de la alcalinidad natural del sistema, interacción agua-roca o condiciones de menor dilución, aspectos coherentes con la dinámica hidrogeoquímica descrita en ecosistemas de montaña (Ghimire et al., 2013). Finalmente, la ausencia de registros de *Escherichia coli* limita la evaluación integral del componente microbiológico, por lo que resulta necesario fortalecer el monitoreo de este parámetro a fin de sustentar con mayor precisión la identificación de fuentes de contaminación y la interpretación de la variación interanual en el punto evaluado.

Tabla 20

Resultados río Sendamal cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004- 2017-MINAM		29/10/2018	22/10/2019	25/11/2020	27/08/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	12:10	17:45	15:00	03:36
				RSend1	RSend1	RSend1	RSend1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	< 2	< 2	31	8
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	4,9	----	8,85	6,01
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1000	1000	----	----	< 1,8	6,8
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	1000	-	----	14	< 1,8	4,5
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,3	----	8,7	8,24
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	12,8	----	14,62	13,73
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	284	----	226,9	263,1

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 20 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Sendamal (RSend1), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2 476 m s.n.m., monitoreado durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) registró valores menores a 2 mg/L en todos los años evaluados, cumpliendo con el ECA para ambas subcategorías. De igual forma, la demanda química de oxígeno (DQO) presentó valores entre <2 y 31 mg/L, manteniéndose dentro del estándar establecido por el ECA en todo el periodo de monitoreo. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 4,9 y 8,85 mg/L en los años con información disponible. En el año 2018 (4,9 mg/L), el valor cumple con el ECA para D1, pero no cumple con D2. En los años 2020 (8,85 mg/L) y 2021 (6,017 mg/L), los valores registrados cumplen con los estándares de calidad ambiental para ambas subcategorías (D1 y D2). Esta variación interanual del OD podría explicarse por diferencias en las condiciones hidrológicas del cuerpo de agua (caudal, turbulencia y reaeración), ya que en periodos con mayor mezcla y oxigenación natural se registran concentraciones más altas de oxígeno disuelto. No se reportaron datos de oxígeno disuelto para el año 2019. Por otro lado, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre <1,8 y 6,8 NMP/100 mL en los años con información disponible, cumpliendo con el ECA para ambas subcategorías. En el caso de *Escherichia coli*, los valores registrados entre <1,8 y 14 NMP/100 mL cumplen con los estándares de calidad ambiental en todos los años con datos disponibles; no se reportaron registros para el año 2018. Del mismo modo, el pH osciló entre 8,24 y 8,7. En los años 2018 (8,3) y 2021 (8,247), los valores registrados cumplen con el ECA para D1 y D2, mientras que en 2020 (8,7) se evidencia incumplimiento para ambas subcategorías. No se reportaron datos de pH para el año 2019. La temperatura del agua varió entre 12,8 y 14,62 °C, y la

conductividad eléctrica se situó entre 226,9 y 284 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores característicos de cuerpos de agua altoandinos y sin evidenciar alteraciones significativas.

Los resultados de la Tabla 20 para el río Sendamal (RSend1) durante 2018–2021 evidencian en general una condición favorable de calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ y la DQO se mantuvieron bajas en todos los años, lo cual refleja una reducida carga de materia orgánica biodegradable y compuestos oxidables; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. En cuanto al oxígeno disuelto, el registro de 2018 que cumple para D1 pero no para D2 difiere de los años donde se mantiene adecuado para ambas subcategorías, lo cual podría deberse a diferencias en las condiciones hidrológicas del periodo de muestreo, como menor caudal, menor turbulencia y menor reaeración, mientras que valores más altos pueden asociarse a una mayor mezcla y oxigenación natural del agua, comportamiento que también ha sido descrito en evaluaciones donde el OD varía según influencias locales (Grzywna & Sender, 2021). Respecto al componente microbiológico, los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* se mantuvieron en valores bajos y acordes con el criterio de comparación en los años con información disponible, por lo que estos resultados difieren de estudios regionales donde se registraron incrementos elevados de coliformes por influencia antrópica, como el río Mashcón (Palomino, 2018) y tramos del río Jequetepeque (Pastor et al., 2023), lo que sugiere menor exposición del punto RSend1 a aportes fecales

directos. Finalmente, el pH presentó un incremento puntual en 2020 que genera no cumplimiento, lo cual podría estar asociado a variaciones temporales de la alcalinidad natural del sistema, interacción agua-roca o condiciones de menor dilución, coherente con la variabilidad que puede presentarse en ecosistemas de montaña (Ghimire et al., 2013); en conjunto, los resultados indican que el río Sendamal mantiene una calidad adecuada, con fluctuaciones puntuales en OD y pH que requieren seguimiento para confirmar si responden a eventos aislados o a cambios temporales en el entorno del punto de monitoreo.

Tabla 21

Resultados río Sendamal cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017- MINAM		25/10/2018	26/10/2019	27/11/2020	29/08/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	15:15	14:30	01:30	07:12
				RSend2	RSend2	RSend2	RSend2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	2	2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	< 2	< 2	23	11
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	4,6	----	9,53	6,35
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	13	40	700	11
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	4,5	27	460	7,8
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,34	----	8,29	8.33
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	18,2	----	17,56	17,08
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	341	----	259,1	299,7

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 21 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Sendamal (RSend2), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2 449 m s.n.m., monitoreado durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores entre <2 y 2 mg/L, cumpliendo con el ECA para ambas subcategorías en todos los años evaluados. De manera similar, la demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre <2 y 23 mg/L, manteniéndose dentro del estándar establecido por el ECA durante todo el periodo de monitoreo. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 4,6 y 9,53 mg/L en los años con información disponible. En el año 2018 (4,6 mg/L), el valor registrado cumple con el ECA para la subcategoría D1, pero no cumple con D2. En los años 2020 (9,53 mg/L) y 2021 (6,35 mg/L), los valores registrados cumplen con los estándares de calidad ambiental para ambas subcategorías (D1 y D2). La variación interanual del OD podría explicarse por diferencias en las condiciones hidrológicas del periodo de monitoreo (caudal, turbulencia y reaeración). En ese sentido, el OD cercano al valor establecido para D2 podría estar asociado a menor mezcla del agua o mayor consumo de oxígeno por procesos naturales y antrópicos, mientras que los valores más altos sugieren una mayor oxigenación natural del cuerpo de agua durante dichos años. No se reportaron datos de oxígeno disuelto para el año 2019. Por otro lado, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre 11 y 700 NMP/100 mL, cumpliendo con el ECA para ambas subcategorías en todos los años evaluados. Por su parte, *Escherichia coli* registró valores entre 4,5 y 460 NMP/100 mL, manteniéndose dentro de los estándares de calidad ambiental establecidos para la categoría 3 durante todo el periodo de monitoreo. Del mismo modo, el pH osciló entre 8,29 y 8,34 en los

años con información disponible. Los valores registrados en 2018 (8,34), 2020 (8,29) y 2021 (8,33) cumplen con los estándares de calidad ambiental para ambas subcategorías (D1 y D2). No se reportaron datos de pH para el año 2019. La temperatura del agua varió entre 17,08 y 18,2 °C, y la conductividad eléctrica se situó entre 259,1 y 341 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores característicos de cuerpos de agua de la zona y sin evidenciar alteraciones significativas.

Los resultados de la Tabla 21 para el río Sendamal (RSend2) durante 2018–2021 evidencian en general una condición favorable de calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ y la DQO se mantuvieron bajas en todos los años, lo cual refleja una reducida carga de materia orgánica biodegradable y compuestos oxidables; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. En cuanto al oxígeno disuelto, el valor registrado en 2018 que cumple para D1 pero no para D2 difiere de los años 2020 y 2021, donde el OD se mantuvo adecuado para ambas subcategorías, lo cual podría deberse a diferencias en las condiciones hidrológicas del periodo de monitoreo, como menor caudal, menor turbulencia y menor reaeración, mientras que los valores más altos sugieren una mayor oxigenación natural del cuerpo de agua, comportamiento que también ha sido descrito en evaluaciones donde el OD varía según influencias locales (Grzywna & Sender, 2021). Respecto al componente microbiológico, los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* se mantuvieron dentro del criterio de comparación en todo el

periodo, por lo que estos resultados difieren de estudios regionales donde se reportaron incrementos importantes de coliformes asociados a presiones antrópicas, como el río Mashcón (Palomino, 2018) y tramos del río Jequetepeque (Pastor et al., 2023), lo que sugiere menor exposición del punto RSend2 a aportes fecales directos. Finalmente, el pH se mantuvo estable y dentro del rango esperado en los años con información disponible, reforzando que la variación interanual observada responde principalmente a cambios hidrológicos y no a alteraciones sostenidas del equilibrio ácido–base; en conjunto, los resultados indican que RSend2 mantiene una calidad adecuada para los usos evaluados, con fluctuaciones puntuales del OD asociadas a la dinámica natural del sistema y al contexto del punto de monitoreo.

Tabla 22

Resultados río Utcubamba cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004- 2017-MINAM		09-2018	08-2019	11-2020	09-2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	RUtcu1	RUtcu1	RUtcu1	RUtcu1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	----	2	< 2	2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	----	9	4	19
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	5,77	7,69	6,41	4,06
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	----	220	170	14000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	----	----	----	----
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,34	8,25	9,18	8,58
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	----	----	----	----
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	----	----	----	----

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 22 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Utcubamba (RUtcu1), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2 177 m s.n.m., monitoreado durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). Asimismo, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores entre <2 y 2 mg/L en los años con información disponible (2019, 2020 y 2021), cumpliendo con el ECA para ambas subcategorías. No se reportaron datos para el año 2018. De manera similar, la demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre 4 y 19 mg/L en los años con información disponible, manteniéndose dentro del estándar establecido por el ECA; no se reportaron datos para el año 2018. Del mismo modo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 4,06 y 7,69 mg/L. En los años 2018 (5,77 mg/L), 2019 (7,69 mg/L) y 2020 (6,41 mg/L), los valores registrados cumplen con los estándares de calidad ambiental para ambas subcategorías (D1 y D2). En contraste, en el año 2021 (4,06 mg/L), el valor cumple con el ECA para D1, pero no cumple con D2, al ser inferior al valor exigido por la norma. Por otro lado, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre 170 y 14 000 NMP/100 mL en los años con información disponible. En los años 2019 (220 NMP/100 mL) y 2020 (170 NMP/100 mL), los valores cumplen con el ECA, mientras que en 2021 (14 000 NMP/100 mL) se evidencia incumplimiento para ambas subcategorías. No se reportaron datos para el año 2018. En el caso de *Escherichia coli*, no se cuenta con registros para ninguno de los años evaluados, por lo que no fue posible

realizar la comparación con el ECA para este parámetro. Del mismo modo, el pH osciló entre 8,25 y 9,18 durante el periodo de evaluación. En los años 2018 (8,34) y 2019 (8,25), los valores registrados cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para las subcategorías D1 y D2. En cambio, en los años 2020 (9,18) y 2021 (8,58) se evidencia incumplimiento del ECA para ambas subcategorías. Este incremento del pH podría asociarse a variaciones en las condiciones hidrológicas del cuerpo de agua (menor dilución en determinados periodos) y a procesos naturales del sistema relacionados con el equilibrio carbonato–bicarbonato, así como a posibles aportes locales que favorecen valores más alcalinos, lo que explicaría el cambio interanual observado. No se reportaron datos de temperatura del agua ni de conductividad eléctrica durante el periodo de monitoreo.

Los resultados de la Tabla 22 para el río Utcubamba (RUtcu1) durante 2018–2021 evidencian una condición variable de la calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ y la DQO se mantuvieron dentro del criterio de comparación en los años con información disponible, lo cual sugiere una baja carga de materia orgánica biodegradable y compuestos oxidables; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. En cuanto al oxígeno disuelto, el valor registrado en 2021 que cumple para D1 pero no para D2 difiere de los años previos donde se mantuvo adecuado para ambas subcategorías, lo cual podría deberse a condiciones hidrológicas específicas del periodo de muestreo, como menor

caudal, menor turbulencia y menor reaireación, factores que reducen la oxigenación natural del agua y generan disminuciones puntuales, tal como se describe en evaluaciones donde el OD varía por influencias locales (Grzywna & Sender, 2021). Respecto al componente microbiológico, los coliformes termotolerantes evidenciaron un incremento abrupto en 2021 que genera no cumplimiento, por lo que estos resultados son similares a lo reportado por Palomino (2018) en el río Mashcón, donde se registraron concentraciones elevadas de coliformes asociadas a actividades antrópicas, y también guardan relación con lo observado en el río Jequetepeque, donde se identificaron aumentos bacteriológicos vinculados a aportes orgánicos locales (Pastor et al., 2023); en ese sentido, el pico observado en 2021 podría explicarse por descargas domésticas intermitentes, presencia de ganado en riberas que incrementan la carga bacteriológica en un año específico. En cuanto al pH, los incrementos registrados en 2020 y 2021 que generan no cumplimiento difieren de los años donde se mantuvo dentro del rango esperado, lo cual podría asociarse a menor dilución en determinados periodos y a procesos hidroggeoquímicos naturales del sistema relacionados con el equilibrio carbonato–bicarbonato, además de aportes locales que favorecen valores más alcalinos, variaciones que también pueden presentarse en ecosistemas de montaña (Ghimire et al., 2013). Finalmente, la ausencia de registros de *Escherichia coli* y de variables como temperatura y conductividad eléctrica limita la evaluación integral del tramo, por lo que resulta necesario fortalecer el monitoreo de estos parámetros para sustentar con mayor precisión la

interpretación de la variación interanual y la identificación de fuentes de afectación en el punto de monitoreo.

Tabla 23

Resultados quebrada Araqueda cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004- 2017-MINAM		09/05/2018	05/04/2019	04/12/2019	14/12/2020
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de	14:45 QAraq1	17:40 QAraq1	10:00 QAraq1	13:00 QAraq1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	16	12	24	3
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	6,7	6,8	7,54	6,36
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	1700	1100	1700	240
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	1100	330	700	79
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,3	8,4	8,58	8,71
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	21,5	21	15,8	25,3
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	535	554	631	723

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2020)

La Tabla 23 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la quebrada Araqueda (QAraq1), ubicada en la cuenca del Marañón, a una altitud

aproximada de 2 397 m s.n.m. El monitoreo se realizó en 2018, en dos campañas durante 2019 (primer monitoreo: abril; segundo monitoreo: diciembre) y en 2020. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores menores a 2 mg/L en todos los monitoreos, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. De igual manera, la demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre 3 y 24 mg/L, y el oxígeno disuelto (OD) valores entre 6,36 y 7,54 mg/L, cumpliendo con los valores del ECA para las subcategorías D1 y D2. Asimismo, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre 240 y 1 700 NMP/100 mL. Se evidencia incumplimiento del ECA en 2018 y en el primer y segundo monitoreo de 2019, donde se registraron valores de hasta 1 700 NMP/100 mL, superiores a los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. Si embargo en el 2020, el valor registrado (240 NMP/100 mL) cumple con el ECA. Por otro lado, *Escherichia coli*, los valores oscilaron entre 79 y 1 100 NMP/100 mL. En 2018, el valor registrado (1 100 NMP/100 mL) supera el valor establecido por el ECA para la subcategoría D1, evidenciando incumplimiento. En el primer y segundo monitoreo de 2019, así como en 2020, los valores cumplen con el ECA para dicha subcategoría. No se cuenta con valor de referencia del ECA para la subcategoría D2. Del mismo modo, el pH presentó valores entre 8,3 y 8,71. Se evidencia incumplimiento del ECA en el segundo monitoreo de 2019 (8,58) y en 2020 (8,71), al superar los valores establecidos por el ECA para ambas

subcategorías. Por otro lado, la temperatura del agua presentó valores entre 15,8 y 25,3 °C, cumpliendo con el ECA, al no superar la variación máxima permitida. Asimismo, la conductividad eléctrica registró valores entre 535 y 723 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para las subcategorías D1 y D2.

Los resultados de la Tabla 23 para la quebrada Araqueda (QAraq1) durante 2018–2020 (incluyendo dos campañas en 2019) evidencian una condición fisicoquímica favorable para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅, la DQO y el oxígeno disuelto se mantuvieron dentro del criterio de comparación en todos los monitoreos, lo cual refleja una baja carga de materia orgánica biodegradable y una adecuada oxigenación del cuerpo de agua; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. Sin embargo, a diferencia de esta estabilidad, los coliformes termotolerantes evidenciaron no cumplimiento en 2018 y en ambos monitoreos de 2019, lo cual sugiere episodios de contaminación fecal temporal, por lo que estos resultados son similares a lo reportado por Pastor et al. (2023) en el río Jequetepeque, donde se identificaron incrementos bacteriológicos asociados a aportes orgánicos locales, y también guardan relación con lo observado por Palomino (2018) en el río Mashcón, donde las concentraciones elevadas de coliformes se vincularon a influencia antrópica; en ese sentido, los picos registrados podrían explicarse por escorrentía superficial con arrastre de excretas, presencia de ganado en riberas o

descargas domésticas intermitentes, las cuales suelen intensificarse en determinados periodos del año. Respecto a *Escherichia coli*, el incumplimiento observado en 2018 y su posterior disminución en 2019–2020 evidencian una mejora temporal o una reducción de aportes fecales en campañas posteriores, lo cual refuerza la idea de una contaminación puntual más que sostenida, similar a lo descrito por Choque et al. (2021), quienes reportaron variaciones microbiológicas asociadas a actividades agropecuarias y domésticas según el tramo y la temporada. En cuanto al pH, el incremento registrado en el segundo monitoreo de 2019 y en 2020 que genera no cumplimiento difiere de los años donde se mantuvo dentro del rango esperado, lo cual podría asociarse a condiciones de menor dilución, interacción agua-roca o cambios temporales en la alcalinidad natural del sistema, variaciones que también pueden presentarse en ecosistemas de montaña (Ghimire et al., 2013). En conjunto, los resultados sugieren que QAra1 mantiene estabilidad fisicoquímica, pero presenta episodios puntuales de afectación microbiológica y alcalinidad elevada, por lo que es importante sostener el monitoreo en diferentes épocas del año para identificar con mayor precisión las fuentes y condiciones que explican la variación observada entre campañas.

Tabla 24

Resultados río Jocos cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004- 2017-MINAM		13/12/2018	07/04/2019	06/12/2019	13/12/2020
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	14:00	14:55	14:15	14:00
				RJoco1	RJoco1	RJoco1	RJoco1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	4	7	24	10
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	7	7,4	7,31	7,82
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	4600	94	94	170
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	7	70	49	130
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8	8,37	8,57	8,71
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	15,7	15,3	15,9	16,8
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	217	213	264	290

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2020)

La Tabla 24 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Jocos (RJoco1), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2651 m s.n.m. El monitoreo se realizó en 2018, en dos campañas durante 2019

(primer monitoreo: abril; segundo monitoreo: diciembre) y en 2020. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores menores a 2 mg/L en todos los monitoreos, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. De igual manera, la demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre 4 y 24 mg/L, y el oxígeno disuelto (OD) valores entre 7,0 y 7,82 mg/L, cumpliendo con los valores del ECA para las subcategorías D1 y D2. Asimismo, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre 94 y 4 600 NMP/100 mL. En el año 2018, se evidencia incumplimiento del ECA, al registrarse un valor de 4 600 NMP/100 mL, superior a los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías; el incremento puntual podría asociarse a aportes temporales de contaminación fecal, como descargas domésticas intermitentes o escorrentía superficial, que elevan la carga bacteriológica durante determinados periodos. En el primer y segundo monitoreo de 2019, así como en 2020, los valores registrados (94 y 170 NMP/100 mL) cumplen con el ECA, evidenciando una mejora en la calidad microbiológica del agua en los años posteriores, posiblemente relacionada con condiciones de mayor dilución o menor influencia de fuentes contaminantes en los momentos de monitoreo. En el caso de *Escherichia coli*, los valores oscilaron entre 7 y 130 NMP/100 mL. En todos los monitoreos evaluados (2018, ambos monitoreos de 2019 y 2020), los valores registrados cumplen con los valores establecidos por el ECA para la subcategoría D1. No se cuenta con valor

de referencia del ECA para la subcategoría D2. Del mismo modo, el pH presentó valores entre 8,0 y 8,71. En el segundo monitoreo de 2019 (8,57) y en 2020 (8,71) se evidencia incumplimiento del ECA, al superarse los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. El aumento del pH en estos años podría explicarse por variaciones hidrológicas del sistema (menor dilución) y procesos naturales asociados al equilibrio carbonato–bicarbonato, que favorecen condiciones más alcalinas. En contraste, en 2018 (8,0) y en el primer monitoreo de 2019 (8,37) los valores registrados cumplen con el ECA. Asimismo, la temperatura del agua presentó valores entre 15,3 y 16,8 °C, cumpliendo con el ECA, al no superar la variación máxima permitida. Asimismo, la conductividad eléctrica registró valores entre 213 y 290 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para las subcategorías D1 y D2.

Los resultados de la Tabla 24 para el río Jocos (RJoco1) durante 2018–2020 (incluyendo dos campañas en 2019) evidencian en general una condición fisicoquímica favorable para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO_5 , la DQO y el oxígeno disuelto se mantuvieron dentro del criterio de comparación en todos los monitoreos, lo cual refleja una baja carga de materia orgánica biodegradable y una adecuada oxigenación del cuerpo de agua; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. Sin embargo, a diferencia de esta estabilidad, los coliformes termotolerantes evidenciaron un incremento marcado en 2018 que genera no cumplimiento, por lo

que estos resultados son similares a lo reportado por Palomino (2018) en el río Mashcón, donde se registraron concentraciones elevadas de coliformes asociadas a actividades antrópicas, y también guardan relación con lo descrito por Pastor et al. (2023) en el río Jequetepeque, donde se identificaron aumentos bacteriológicos vinculados a aportes orgánicos locales; en ese sentido, el pico observado en 2018 podría explicarse por aportes temporales de contaminación fecal, como descargas domésticas intermitentes o escorrentía superficial con arrastre de excretas, mientras que la disminución registrada en 2019 y 2020 sugiere una mejora temporal asociada a mayor dilución o menor influencia de fuentes contaminantes durante los periodos de monitoreo. En el caso de *Escherichia coli*, los valores se mantuvieron dentro del criterio de comparación en todos los monitoreos para la subcategoría D1, lo cual difiere de estudios nacionales donde se registran incrementos importantes por presión antrópica, como el río Ichu (Sánchez et al., 2021) o tramos bajos del río Chumbao (Choque et al., 2021), lo que sugiere que en RJoco1 la afectación fecal no fue sostenida en el tiempo. Respecto al pH, el incremento observado en el segundo monitoreo de 2019 y en 2020 que genera no cumplimiento podría estar asociado a variaciones hidrológicas del sistema (menor dilución) y a procesos naturales relacionados con el equilibrio carbonato–bicarbonato, además de aportes locales que favorecen condiciones más alcalinas, variaciones que también pueden presentarse en ecosistemas de montaña (Ghimire et al., 2013); en conjunto, los resultados indican que RJoco1 mantiene estabilidad fisicoquímica, pero presenta eventos puntuales de afectación microbiológica y alcalinidad elevada, por lo que es importante mantener el monitoreo en distintas

épocas del año para sustentar con mayor precisión la variación observada entre campañas.

Tabla 25

Resultados río Lulichuco cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004- 2017-MINAM		08/05/2018	06/04/2019	06/12/2019	13/12/2020
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	16:15 RLuli1	15:20 RLuli1	16:50 RLuli1	16:16 RLuli1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	3	8	6	6
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	6,4	7,43	7,54	7,44
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	33	70	140	33
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	17	46	70	23
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,4	8,48	8,58	8,57
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	13,2	13,1	12,4	12,5
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	279	307	294	281

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2020)

La Tabla 25 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Lulichuco (RLuli1), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 3 049 m s.n.m. El monitoreo se realizó en 2018, en dos campañas durante 2019 (primer monitoreo: abril; segundo monitoreo: diciembre) y en 2020. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores menores a 2 mg/L en todos los monitoreos, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. De manera similar, la demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre 3 y 8 mg/L, y el oxígeno disuelto (OD) valores entre 6,4 y 7,54 mg/L, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para las subcategorías D1 y D2. Por otro lado, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre 33 y 140 NMP/100 mL, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías en todos los monitoreos evaluados. Asimismo, en el caso de *Escherichia coli*, los valores oscilaron entre 17 y 70 NMP/100 mL, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para la subcategoría D1 en todos los monitoreos. No se cuenta con valor de referencia del ECA para la subcategoría D2. No obstante, las variaciones interanuales observadas en coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, podrían asociarse a aportes puntuales o difusos de origen fecal, como escorrentía superficial o descargas intermitentes, sin llegar a evidenciar incumplimiento. Del mismo modo, el pH presentó valores entre 8,4 y 8,58. En 2018 (8,4), el valor registrado cumple con los valores

establecidos por el ECA para ambas subcategorías. En el primer monitoreo de 2019 (8,48), el valor registrado no cumple con el ECA para la subcategoría D2 (6,5–8,4), pero cumple con el ECA para la subcategoría D1 (6,5–8,5). En el segundo monitoreo de 2019 (8,58) y en 2020 (8,57), los valores registrados no cumplen con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. Por otro lado, la temperatura del agua presentó valores entre 12,4 y 13,2 °C, cumpliendo con el ECA al no superarse la variación máxima permitida. Asimismo, la conductividad eléctrica registró valores entre 279 y 307 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para las subcategorías D1 y D2.

Los resultados de la Tabla 25 para el río Lulichuco (RLuli1) durante 2018–2020 (incluyendo dos campañas en 2019) evidencian en general una condición favorable de calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅, la DQO y el oxígeno disuelto se mantuvieron dentro del criterio de comparación en todos los monitoreos, lo cual refleja una baja carga de materia orgánica biodegradable y una adecuada oxigenación del cuerpo de agua; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. Respecto al componente microbiológico, los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* se mantuvieron en valores bajos y acordes con el criterio de comparación en todos los monitoreos, por lo que estos resultados difieren de estudios regionales donde se reportaron incrementos importantes por

influencia antrópica, como el río Mashcón (Palomino 2018) y tramos del río Jequetepeque (Pastor et al., 2023); sin embargo, las variaciones interanuales observadas podrían asociarse a aportes puntuales o difusos de origen fecal, como escorrentía superficial o descargas intermitentes, sin llegar a generar no cumplimiento. En cuanto al pH, se observa un incremento progresivo desde 2019 que genera no cumplimiento para D2 en el primer monitoreo y para ambas subcategorías en el segundo monitoreo de 2019 y en 2020, lo cual difiere de la estabilidad observada en 2018 y podría explicarse por condiciones de menor dilución, interacción agua-roca y variaciones en la alcalinidad natural del sistema, además de aportes locales que favorecen valores más alcalinos, variaciones que también pueden presentarse en ecosistemas de montaña (Ghimire et al., 2013). Finalmente, la temperatura y la conductividad eléctrica mostraron valores característicos de cuerpos de agua altoandinos sin evidenciar alteraciones relevantes, por lo que en conjunto los resultados sugieren que RLuli1 mantiene buena calidad fisicoquímica y microbiológica, con una afectación puntual asociada al incremento del pH que requiere seguimiento para determinar si responde a eventos temporales o a una tendencia en el punto de monitoreo.

Tabla 26

Resultados río Malcas cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004- 2017-MINAM		08/05/2018	05/04/2019	03/12/2019	14/12/2020
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de Animales)	12:45 RMalc1	11:00 RMalc1	10:45 RMalc1	08:30 RMalc1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	272	448	41	28
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	6,8	7,8	7,45	7,6
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	490	460	490	240
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	220	110	79	79
pH	Unidad de pH	6.5-8.5	6.5-8.4	8,4	8,3	----	8,61
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	22,2	16,2	17,7	16,9
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	1240	760	768	999

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2020)

La Tabla 26 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Malcas (RMalc1), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2 079 m s.n.m. El monitoreo se realizó en 2018, en dos campañas durante 2019 (primer monitoreo: abril; segundo monitoreo: diciembre) y en 2020. Los

resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores menores a 2 mg/L y hasta 2 mg/L durante el periodo de evaluación, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías en todos los monitoreos. El oxígeno disuelto (OD) registró valores entre 6,8 y 7,8 mg/L, cumpliendo con los valores del ECA para las subcategorías D1 y D2. Asimismo, la demanda química de oxígeno (DQO) presentó valores entre 28 y 448 mg/L. En 2018 (272 mg/L), en el primer monitoreo de 2019 (448 mg/L) y en el segundo monitoreo de 2019 (41 mg/L), los valores registrados superan los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías, evidenciando incumplimiento. En 2020, el valor registrado (28 mg/L) cumple con el ECA. Por otro lado, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre 240 y 490 NMP/100 mL, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías en todos los monitoreos evaluados. Asimismo, en el caso de *Escherichia coli*, los valores oscilaron entre 79 y 220 NMP/100 mL, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para la subcategoría D1 en todos los monitoreos. No se cuenta con valor de referencia del ECA para la subcategoría D2. Del mismo modo, el pH presentó valores entre 8,3 y 8,61. En 2020 (8,61) se evidencia incumplimiento del ECA, al superarse los valores establecidos para ambas subcategorías. En 2018 (8,4) y en el primer monitoreo de 2019 (8,3), los valores registrados cumplen con el ECA. No se cuenta con registro de pH para el segundo monitoreo de 2019, por lo que no fue

posible realizar la comparación correspondiente. No obstante, la temperatura del agua presentó valores entre 16,2 y 22,2 °C, cumpliendo con el ECA, al no superarse la variación máxima permitida. Asimismo, la conductividad eléctrica registró valores entre 760 y 1 240 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para las subcategorías D1 y D2.

Los resultados de la Tabla 26 para el río Malcas (RMalc1) durante 2018–2020 (incluyendo dos campañas en 2019) evidencian un comportamiento mixto de la calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ se mantuvo baja y el oxígeno disuelto presentó valores adecuados en todos los monitoreos, lo cual sugiere una reducida carga de materia orgánica biodegradable y una buena oxigenación del cuerpo de agua; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. Sin embargo, a diferencia de esta estabilidad, la DQO registró incrementos marcados en 2018 y en ambas campañas de 2019 que generan no cumplimiento, lo cual sugiere la presencia de compuestos oxidables no necesariamente reflejados en la DBO₅, por lo que este comportamiento puede estar asociado a aportes puntuales de origen antrópico, arrastre de material orgánico no biodegradable o descargas intermitentes, siendo un patrón comparable con evaluaciones donde se identifican tramos con mayor carga contaminante y necesidad de tratamiento para uso del recurso hídrico (Grzywna & Sender, 2021). Respecto al componente microbiológico, los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* se mantuvieron

dentro del criterio de comparación en todos los monitoreos, por lo que estos resultados difieren de estudios regionales con fuerte presión antrópica como el río Mashcón (Palomino, 2018) y tramos del río Jequetepeque (Pastor et al. 2023), lo que sugiere que en RMalc1 no existe una afectación fecal sostenida en el periodo evaluado. En cuanto al pH, el incremento registrado en 2020 que genera no cumplimiento difiere de los monitoreos previos donde se mantuvo dentro del rango esperado, lo cual podría estar asociado a condiciones de menor dilución, interacción agua-roca o variaciones temporales en la alcalinidad natural del sistema, cambios que pueden presentarse en ecosistemas de montaña (Ghimire et al., 2013). En conjunto, los resultados indican que RMalc1 presenta buena condición en términos de oxigenación y microbiología, pero episodios puntuales de incremento de DQO y pH que requieren seguimiento para identificar fuentes específicas y explicar la variación entre campañas.

Tabla 27

Resultados río Muyoc cuenca Marañón

Parámetro	Unidad	DS N° 004- 2017-MINAM				08/05/2018	06/04/2019	07/12/2019	16/12/2020
		ECA- Cat.3	ECA- Cat.3			22:30 RMuyo1	10:32 RMuyo1	15:40 RMuyo1	11:50 RMuyo1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15			< 2	< 2	< 2	2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40			6	13	26	28
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5			7,5	7,65	7,02	7,02
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000			11000	17000	3300	1700
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-			4600	11000	1700	1300
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4			7,5	8,51	8,52	8,52
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3			16,7	15,8	18,1	18,1
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000			335	348	335	335

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2020)

La Tabla 27 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Muyoc (RMuyo1), ubicado en la cuenca del Marañón, a una altitud aproximada de 2 234 m s.n.m.. El monitoreo se realizó en 2018, en dos campañas durante 2019 (primer monitoreo: abril; segundo monitoreo: diciembre) y en 2020. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.° 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1

(riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores menores a 2 mg/L y hasta 2 mg/L durante todo el periodo de evaluación, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. De igual manera, la demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre 6 y 28 mg/L, y el oxígeno disuelto (OD) valores entre 7,02 y 7,65 mg/L, cumpliendo con los valores del ECA para las subcategorías D1 y D2. Por otro lado, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre 1 700 y 17 000 NMP/100 mL. En 2018 (11 000 NMP/100 mL), en el primer monitoreo de 2019 (17 000 NMP/100 mL), en el segundo monitoreo de 2019 (3 300 NMP/100 mL) y en 2020 (1 700 NMP/100 mL), los valores registrados superan los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías, evidenciando incumplimiento en todos los monitoreos evaluados. Asimismo, en el caso de *Escherichia coli*, los valores oscilaron entre 1 300 y 11 000 NMP/100 mL. En 2018 (4 600 NMP/100 mL), en el primer monitoreo de 2019 (11 000 NMP/100 mL), en el segundo monitoreo de 2019 (1 700 NMP/100 mL) y en 2020 (1 300 NMP/100 mL), los valores registrados superan los valores establecidos por el ECA para la subcategoría D1, evidenciando incumplimiento en todo el periodo de evaluación. No se cuenta con valor de referencia del ECA para la subcategoría D2. Asimismo, el pH presentó valores entre 7,5 y 8,52. En 2018 (7,5), el valor registrado cumple con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. En el primer monitoreo de 2019 (8,51), en el segundo monitoreo de 2019 (8,52) y en 2020 (8,52), los valores registrados superan los valores establecidos por el ECA, evidenciando incumplimiento para ambas subcategorías.

Del mismo modo, La temperatura del agua presentó valores entre 15,8 y 18,1 °C, cumpliendo con el ECA, al no superarse la variación máxima permitida. Asimismo, la conductividad eléctrica registró valores entre 335 y 348 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para las subcategorías D1 y D2.

Los resultados de la Tabla 27 para el río Muyoc (RMuyo1) durante 2018–2020 (incluyendo dos campañas en 2019) evidencian un comportamiento contrastante de la calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅, la DQO y el oxígeno disuelto se mantuvieron dentro del criterio de comparación en todos los monitoreos, lo cual indica una baja carga de materia orgánica biodegradable según la DBO₅ y una adecuada oxigenación del cuerpo de agua; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. Sin embargo, a diferencia de esta estabilidad fisicoquímica, los coliformes termotolerantes evidenciaron no cumplimiento en todos los monitoreos evaluados y *Escherichia coli* presentó valores elevados con no cumplimiento para la subcategoría D1 durante todo el periodo, lo cual sugiere una influencia sostenida de contaminación fecal en el tramo evaluado; en ese sentido, estos resultados son similares a lo reportado por Palomino (2018) en el río Mashcón, donde se registraron concentraciones muy elevadas de coliformes asociadas a actividades antrópicas, y guardan relación con lo observado por Pastor et al. (2023) en el río Jequetepeque, donde se evidenciaron incrementos

bacteriológicos vinculados a aportes orgánicos locales. Esta condición podría explicarse por descargas domésticas continuas o intermitentes, presencia permanente de ganado en las riberas y escorrentía superficial con arrastre de excretas, lo que justificaría los valores altos de forma recurrente entre campañas. Respecto al pH, el incremento registrado desde 2019 que genera no cumplimiento para ambas subcategorías difiere del valor de 2018, lo cual podría asociarse a variaciones temporales en la alcalinidad del sistema, interacción agua-roca o menor dilución en determinados periodos, cambios que pueden presentarse en ecosistemas de montaña (Ghimire et al. 2013). En conjunto, los resultados indican que RMuyo1 mantiene condiciones fisicoquímicas adecuadas según DBO₅, DQO y OD, pero presenta una afectación microbiológica persistente y un incremento sostenido del pH desde 2019, lo que refuerza la necesidad de identificar las fuentes de contaminación fecal cercanas al punto de monitoreo y fortalecer el seguimiento en distintas épocas del año para sustentar la variación observada entre campañas.

4.2.2 Cuenca Jequetepeque

Tabla 28

Resultados río Rejo cuenca Jequetepeque

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017- MINAM		05-2018	05-2019	10-2020	06-2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida)	RRejo1	RRejo1	RRejo1	RRejo1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	< 2	4	7	8
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	5,24	7,86	7,96	7,46
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1000	1000	13	700	49	240
Escherichia Coli	NMP/100ml	1000	-	----	----	----	----
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	7,8	8,06	8,38	7,53
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	----	----	----	----
Conductividad (Cond)	(μS/cm)	2500	5000	----	----	----	----

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 28 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Rejo (RRejo1), ubicado en la cuenca del Jequetepeque, a una altitud aproximada de 3112 m s.n.m. El monitoreo se realizó en los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores menores a 2 mg/L y hasta 2 mg/L durante todo el periodo de evaluación, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. De manera similar, la demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre <2 y 8 mg/L, cumpliendo con los valores del ECA. El oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 5,24 y 7,96 mg/L, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para las subcategorías D1 y D2. Asimismo, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre 13 y 700 NMP/100 mL, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías en todos los años evaluados. Por otro lado, el pH presentó valores entre 7,53 y 8,38, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para las subcategorías D1 y D2 en todos los monitoreos. En cuanto a los parámetros sin registro, no se cuenta con datos de temperatura del agua, *Escherichia coli* ni conductividad eléctrica durante el periodo de evaluación, por lo que no fue posible realizar la comparación correspondiente con los valores establecidos por el ECA para estos parámetros.

Los resultados de la Tabla 28 para el río Rejo (RRejo1) durante 2018–2021 evidencian una condición favorable y estable de la calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ y la DQO se mantuvieron bajas en todos los años evaluados, lo cual refleja una reducida carga de materia orgánica biodegradable y de compuestos oxidables; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña,

donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. Del mismo modo, el oxígeno disuelto se mantuvo dentro del criterio de comparación durante todo el periodo, lo cual sugiere una adecuada capacidad de oxigenación del sistema, comportamiento que es consistente con ríos de cabecera con menor presión antrópica y buena dinámica hidráulica (Grzywna & Sender 2021). En cuanto al componente microbiológico, los coliformes termotolerantes se mantuvieron dentro del criterio de comparación en todos los años, por lo que estos resultados difieren de estudios regionales donde se reportaron incrementos elevados asociados a aportes domésticos y pecuarios, como el río Mashcón (Palomino, 2018) y tramos del río Jequetepeque (Pastor et al., 2023), lo que sugiere que el punto RRejo1 presenta menor influencia de fuentes de contaminación fecal sostenida. Asimismo, el pH se mantuvo dentro del rango esperado durante todo el periodo, reforzando la estabilidad del sistema y la ausencia de alteraciones relevantes en el equilibrio ácido–base; sin embargo, la falta de registros de *Escherichia coli*, temperatura y conductividad eléctrica limita una evaluación integral de todos los componentes de calidad, por lo que se recomienda fortalecer el monitoreo de estos parámetros para sustentar con mayor precisión el análisis temporal del punto evaluado.

Tabla 29

Resultados quebrada Shilamayo cuenca Jequetepeque

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017- MINAM		30/05/2018	22/05/2019	14/10/2020	16/06/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de	06:30	06:20	04:45	15:45
				QShil1	QShil1	QShil1	QShil1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	4	7	< 2	4
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	4,48	7,21	7,4	6,9
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	< 1,8	< 1,8	46	< 1,8
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	< 1,8	----	----	----
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	7,73	7,29	7,98	6,96
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	13,11	10,4	7,9	13,8
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	740,3	884	420	1048

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 29 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la quebrada Shilamayo (QShil1), ubicada en la cuenca del Jequetepeque, a una altitud aproximada de 3 444 m s.n.m. El monitoreo se realizó en los años 2018,

2019, 2020 y 2021. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores menores a 2 mg/L en todos los monitoreos, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. De igual manera, la demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre <2 y 7 mg/L, cumpliendo con los valores del ECA.

Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 4,48 y 7,4 mg/L. En 2018, el valor registrado (4,48 mg/L) cumple con el ECA para la subcategoría D1, pero no cumple con el ECA para la subcategoría D2, al ser inferior al valor establecido (≥ 5 mg/L). En los años 2019, 2020 y 2021, los valores registrados cumplen con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías; este comportamiento podría explicarse por variaciones hidrológicas del periodo (reaireación y caudal), que influyen directamente en la concentración de oxígeno disuelto. Por otro lado, los coliformes termotolerantes presentaron valores menores a 1,8 NMP/100 mL y hasta 46 NMP/100 mL, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías en todos los años evaluados. No obstante, estas fluctuaciones podrían asociarse a aportes puntuales o difusos de origen fecal (escorrentía superficial o presencia de actividades antrópicas cercanas), sin llegar a evidenciar incumplimiento del estándar.

Asimismo, en el caso de *Escherichia coli*, solo se cuenta con registro en 2018, con un valor menor a 1,8 NMP/100 mL, el cual cumple con los valores establecidos por el ECA para la subcategoría D1. No se cuenta con registros para

los años 2019, 2020 y 2021, ni con valor de referencia del ECA para la subcategoría D2, por lo que no fue posible realizar la comparación correspondiente. Del mismo modo, el pH presentó valores entre 6,96 y 7,98, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías en todos los monitoreos. Asimismo, la temperatura del agua presentó valores entre 7,9 y 13,8 °C, cumpliendo con el ECA al no superarse la variación máxima permitida. Asimismo, la conductividad eléctrica registró valores entre 420 y 1 048 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para las subcategorías D1 y D2.

Los resultados de la Tabla 29 para la quebrada Shilamayo (QShil1) durante 2018–2021 evidencian en general una condición favorable y estable de la calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ y la DQO se mantuvieron bajas en todos los años evaluados, lo cual refleja una reducida carga de materia orgánica biodegradable y de compuestos oxidables; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. En cuanto al oxígeno disuelto, el valor registrado en 2018 que cumple para D1 pero no para D2 difiere de los años 2019–2021, donde se mantuvo dentro del criterio de comparación para ambas subcategorías, lo cual podría explicarse por variaciones hidrológicas del periodo, como cambios en el caudal, la turbulencia y la reaireación, que influyen directamente en la oxigenación natural del agua, comportamiento que también ha sido descrito en evaluaciones donde el OD varía

por influencias locales (Grzywna & Sender 2021). Respecto al componente microbiológico, los coliformes termotolerantes se mantuvieron dentro del criterio de comparación en todo el periodo, por lo que estos resultados difieren de estudios regionales donde se reportaron incrementos elevados asociados a aportes domésticos y pecuarios, como el río Mashcón (Palomino, 2018) y tramos del río Jequetepeque (Pastor et al., 2023), lo que sugiere menor influencia sostenida de contaminación fecal en el punto QShil1; sin embargo, las fluctuaciones observadas podrían asociarse a aportes puntuales o difusos por escorrentía superficial o actividades cercanas, sin generar no cumplimiento. Asimismo, el pH se mantuvo dentro del rango esperado durante todos los años, reforzando la estabilidad del sistema en términos de equilibrio ácido–base, mientras que la temperatura y la conductividad eléctrica presentaron valores característicos de cuerpos de agua altoandinos sin evidenciar alteraciones relevantes; no obstante, la falta de registros de *Escherichia coli* en 2019–2021 limita la evaluación integral del componente microbiológico, por lo que se recomienda fortalecer el monitoreo de este parámetro para sustentar con mayor precisión el análisis temporal del punto evaluado.

Tabla 30

Resultados quebrada Tres Lagunas cuenca Jequetepeque

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017- MINAM		28/05/2018	24/04/2019	02/10/2019	06-2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de	11:10 QTlag1	13:20 QTlag1	10:15 QTlag1	10:16 QTlag1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	< 2	< 2	< 2	9
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	6,99	4,47	5,32	5,72
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	2	7,8	< 1,8	4,5
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	< 1,8	2	< 1,8	----
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	7,06	7,01	8,1	7,4
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	11,25	12,74	12	----
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	435	414	1163	----

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 30 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la quebrada Tres Lagunas (QTlag1), ubicada en la cuenca del Jequetepeque, a una altitud aproximada de 3 261 m s.n.m. El monitoreo se realizó en 2018, en dos campañas durante 2019 (primer monitoreo: abril; segundo monitoreo: octubre) y

en 2021. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores menores a 2 mg/L en todos los monitoreos, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. De manera similar, la demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre <2 y 9 mg/L, cumpliendo con los valores del ECA. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 4,47 y 6,99 mg/L. En el primer monitoreo de 2019 (4,47 mg/L), el valor registrado no cumple con el ECA para la subcategoría D2, al ser inferior al valor establecido (≥ 5 mg/L); sin embargo, cumple con el ECA para la subcategoría D1. En 2018, en el segundo monitoreo de 2019 y en 2021, los valores registrados cumplen con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. Por otro lado, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre <1,8 y 7,8 NMP/100 mL, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías en todos los años evaluados. Asimismo, en el caso de *Escherichia coli*, los valores registrados fueron menores a 1,8 NMP/100 mL y hasta 2 NMP/100 mL en 2018 y en ambos monitoreos de 2019, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para la subcategoría D1. No se cuenta con registro para el año 2021, ni con valor de referencia del ECA para la subcategoría D2, por lo que no fue posible realizar la comparación correspondiente. Del mismo modo, el pH presentó valores entre 7,01 y 8,1, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías en todos los monitoreos. Asimismo, la temperatura del agua presentó valores entre

11,25 y 12,74 °C, cumpliendo con el ECA al no superarse la variación máxima permitida. Asimismo, la conductividad eléctrica registró valores entre 414 y 1 163 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para las subcategorías D1 y D2. Las variaciones interanuales observadas en pH y conductividad podrían asociarse a cambios en el caudal y la dilución del cuerpo de agua, así como a aportes naturales de sales disueltas provenientes de la geología local o de escorrentía superficial, lo que incrementa temporalmente la concentración de iones en el agua. En 2021, no se cuenta con registros de temperatura ni de conductividad eléctrica, por lo que no fue posible realizar la evaluación correspondiente.

Los resultados de la Tabla 30 para la quebrada Tres Lagunas (QTlag1) durante 2018–2021 (incluyendo dos campañas en 2019) evidencian en general una condición favorable y estable de la calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ y la DQO se mantuvieron bajas en todos los monitoreos, lo cual refleja una reducida carga de materia orgánica biodegradable y de compuestos oxidables; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. En cuanto al oxígeno disuelto, el valor registrado en el primer monitoreo de 2019 que cumple para D1 pero no para D2 difiere de los demás monitoreos donde el OD se mantuvo dentro del criterio de comparación para ambas subcategorías, lo cual podría explicarse por variaciones hidrológicas temporales como cambios en el caudal, la

turbulencia y la reaireación, que influyen directamente en la oxigenación natural del agua, comportamiento que también ha sido descrito en evaluaciones donde el OD varía por influencias locales (Grzywna & Sender, 2021). Respecto al componente microbiológico, los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* se mantuvieron en valores muy bajos y acordes con el criterio de comparación en los años con información disponible, por lo que estos resultados difieren de estudios regionales donde se reportaron incrementos elevados asociados a aportes domésticos y pecuarios, como el río Mashcón (Palomino, 2018) y tramos del río Jequetepeque (Pastor et al., 2023), lo que sugiere una menor influencia sostenida de contaminación fecal en el punto QTlag1. Asimismo, el pH se mantuvo dentro del rango esperado y las variaciones de la conductividad eléctrica podrían estar asociadas a cambios en la dilución del cuerpo de agua y a aportes naturales de sales disueltas provenientes de la geología local o de escorrentía superficial, lo cual explicaría incrementos temporales de iones sin afectar el cumplimiento; finalmente, la ausencia de registros de *Escherichia coli*, temperatura y conductividad eléctrica en 2021 limita una evaluación integral de dicho año, por lo que se recomienda fortalecer el monitoreo continuo para sustentar con mayor precisión la variación interanual en el punto evaluado.

Tabla 31

Resultados el río Contumazá cuenca Jequetepeque

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017- MINAM		04/06/2018	24/05/2019	16/10/2020	22/06/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de	09:50	10:00	16:00	11:00
				RCont1	RCont1	RCont1	RCont1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	2	2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	< 2	2	53	5
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	8,86	7,62	4,52	7,8
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	17000	1100	490	17000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	7,000	----	----	----
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,36	8,49	7,73	8,63
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	17,52	16	21	18,2
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	342,9	392	667	360

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 31 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Contumazá (RCont1), ubicado en la cuenca del Jequetepeque, a una altitud aproximada de 2 332 m s.n.m. El monitoreo se realizó en los años 2018, 2019,

2020 y 2021. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores menores a 2 mg/L y hasta 2 mg/L durante todo el periodo de evaluación, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. Por otro lado, la demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre <2 y 53 mg/L. En el año 2020, se evidencia incumplimiento del ECA, al registrarse 53 mg/L, valor superior al establecido por el ECA (40 mg/L) para las subcategorías D1 y D2. En 2018, 2019 y 2021, los valores registrados cumplen con el ECA. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 4,52 y 8,86 mg/L. En 2020, el valor registrado (4,52 mg/L) no cumple con el ECA para la subcategoría D2 (≥ 5 mg/L), pero cumple con el ECA para la subcategoría D1 (≥ 4 mg/L). En los años 2018, 2019 y 2021, los valores registrados cumplen con el ECA para ambas subcategorías. Por otro lado, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre 490 y 17 000 NMP/100 mL. En 2018 (17 000 NMP/100 mL), 2019 (1 100 NMP/100 mL) y 2021 (17 000 NMP/100 mL) se evidencia incumplimiento del ECA, al superarse el valor establecido (1 000 NMP/100 mL) para ambas subcategorías. En 2020, el valor registrado (490 NMP/100 mL) cumple con el ECA. Por otro lado, en el caso de *Escherichia coli*, solo se cuenta con registro en 2018, con un valor de 7 000 NMP/100 mL, el cual no cumple con el ECA para la subcategoría D1 (1 000 NMP/100 mL). Esta variación interanual de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* podría asociarse a cambios en las condiciones hidrológicas y a la

presencia de aportes puntuales de contaminación fecal, los cuales pueden incrementar significativamente la carga bacteriológica en determinados años. No se cuenta con registros para los años 2019, 2020 y 2021, ni con valor de referencia del ECA para la subcategoría D2. Del mismo modo, el pH presentó valores entre 7,73 y 8,63. En 2019, el valor registrado (8,49) no cumple con el ECA para la subcategoría D2 (6,5–8,4), pero cumple con el ECA para la subcategoría D1 (6,5–8,5). En 2021, el valor registrado (8,63) no cumple con el ECA para ambas subcategorías. En 2018 y 2020, los valores registrados cumplen con el ECA; el incremento del pH podría estar relacionado con variaciones en el caudal y la dilución del cuerpo de agua, así como con procesos naturales del sistema (equilibrio carbonato–bicarbonato) que favorecen condiciones más alcalinas en determinados periodos. Por otro lado, la temperatura del agua presentó valores entre 16,0 y 21,0 °C, cumpliendo con el ECA al no superarse la variación máxima permitida. Asimismo, la conductividad eléctrica registró valores entre 342,9 y 667 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para las subcategorías D1 y D2.

Los resultados de la Tabla 31 para el río Contumazá (RCont1) durante 2018–2021 evidencian una variabilidad interanual importante en la calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ se mantuvo baja en todo el periodo, lo cual sugiere una reducida carga de materia orgánica biodegradable; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores

naturales y presiones puntuales. Sin embargo, a diferencia de esta estabilidad, la DQO evidenció un incremento en 2020 que genera no cumplimiento, lo cual podría asociarse a aportes puntuales de compuestos oxidables provenientes de actividades antrópicas o arrastre de material orgánico no biodegradable durante eventos de escorrentía, explicando así el cambio temporal observado. En cuanto al oxígeno disuelto, el registro de 2020 que cumple para D1 pero no para D2 difiere de los demás años donde se mantuvo adecuado para ambas subcategorías, lo cual podría explicarse por condiciones hidrológicas específicas del periodo (menor caudal, menor turbulencia y menor reaeración) y un posible aumento del consumo de oxígeno asociado a aportes puntuales de materia orgánica o condiciones locales del flujo, comportamiento coherente con evaluaciones donde el OD varía por influencias locales (Grzywna & Sender, 2021). Respecto al componente microbiológico, los coliformes termotolerantes evidenciaron no cumplimiento en 2018, 2019 y 2021, mostrando picos marcados en años específicos, por lo que estos resultados son similares a lo reportado por Palomino (2018) en el río Mashcón, donde se registraron concentraciones elevadas asociadas a presión antrópica, y guardan relación con lo observado por Pastor et al. (2023) en el río Jequetepeque, donde se identificaron incrementos bacteriológicos vinculados a aportes orgánicos locales; en ese sentido, los incrementos podrían explicarse por descargas domésticas intermitentes, presencia de ganado en riberas o escorrentía superficial con arrastre de excretas, mientras que el cumplimiento observado en 2020 sugiere una reducción temporal de aportes fecales o una mayor dilución durante el periodo de muestreo. Asimismo,

el registro disponible de *Escherichia coli* en 2018 evidencia una carga fecal elevada y refuerza la influencia de fuentes de contaminación, aunque no se cuenta con registros para los años 2019, 2020 y 2021, por lo que no fue posible evaluar su variación interanual; además, no se dispone de valor de referencia del ECA para la subcategoría D2. Finalmente, el pH mostró incrementos puntuales que generan no cumplimiento para D2 en 2019 y para ambas subcategorías en 2021, lo cual podría estar relacionado con variaciones del caudal, menor dilución y procesos naturales asociados al equilibrio carbonato–bicarbonato, favoreciendo condiciones más alcalinas en determinados periodos; en conjunto, los resultados sugieren que RCont1 presenta estabilidad en DBO₅, pero vulnerabilidad a episodios puntuales de carga oxidante, contaminación bacteriológica y alcalinidad elevada, por lo que resulta clave fortalecer el monitoreo continuo para sustentar con mayor precisión la variación interanual y la identificación de fuentes en el punto evaluado.

Tabla 32

Resultados el río La Tinte, cuenca Jequetepeque

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017-					
		MINAM		05-2018	05-2019	10-2020	06-2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de)	RTint1	RTint1	RTint1	RTint1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	3
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	3	< 2	3	6
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	5,38	7,8	7,81	7,48
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	700	17	330	17
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	----	----	----	----
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	7,94	7,9	8,4	7,32
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	----	----	----	----
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	----	----	----	----

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 32 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río La Tinte (RTint1), ubicado en la cuenca del Jequetepeque, a una altitud aproximada de 3 134 m s.n.m. El monitoreo se realizó en los años 2018, 2019, 2020 y 2021.

Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores menores a 2 mg/L y hasta 3 mg/L durante el periodo de evaluación, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. De manera similar, la demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre <2 y 6 mg/L, cumpliendo con los valores del ECA. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 5,38 y 7,81 mg/L, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para las subcategorías D1 y D2. Los coliformes termotolerantes registraron valores entre 17 y 700 NMP/100 mL, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías en todos los años evaluados, en el caso de *Escherichia coli*, no se cuenta con registros para ninguno de los años evaluados, por lo que no fue posible realizar la comparación con los valores establecidos por el ECA. Por otro lado, el pH presentó valores entre 7,32 y 8,4, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para las subcategorías D1 y D2 en todos los monitoreos, no se cuenta con registros de temperatura del agua ni de conductividad eléctrica durante el periodo de evaluación, por lo que no fue posible realizar la comparación correspondiente con los valores establecidos por el ECA para estos parámetros.

Los resultados de la Tabla 32 para el río La Tinte (RTint1) durante 2018–2021 evidencian una condición favorable y estable de la calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ y la DQO se mantuvieron bajas en todo el periodo, lo cual refleja una reducida carga de

materia orgánica biodegradable y de compuestos oxidables; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. Asimismo, el oxígeno disuelto se mantuvo dentro del criterio de comparación en todos los años, lo cual sugiere una adecuada oxigenación del sistema y un comportamiento compatible con cuerpos de agua altoandinos con menor presión antrópica, tal como se describe en evaluaciones donde el OD se relaciona con la dinámica hidráulica y las condiciones locales del cauce (Grzywna & Sender, 2021). En cuanto al componente microbiológico, los coliformes termotolerantes se mantuvieron dentro del criterio de comparación durante todo el periodo, por lo que estos resultados difieren de estudios regionales donde se reportaron incrementos elevados por aportes domésticos y pecuarios, como el río Mashcón (Palomino, 2018) y tramos del río Jequetepeque (Pastor et al., 2023), lo que sugiere una menor influencia sostenida de contaminación fecal en el punto RTint1. Finalmente, el pH se mantuvo dentro del rango esperado en todos los monitoreos, reforzando la estabilidad del equilibrio ácido–base; sin embargo, la ausencia de registros de *Escherichia coli*, temperatura y conductividad eléctrica limita una evaluación integral del componente microbiológico y de la mineralización del agua, por lo que se recomienda fortalecer el monitoreo de estos parámetros para sustentar con mayor precisión el análisis temporal del punto evaluado.

Tabla 33

Resultados el rio Yanahuanga cuenca Jequetepeque

Parámetro	Unidad	DS N° 004-2017- MINAM		29/05/2018	21/05/2019	15/10/2020	17/06/2021
		ECA-Cat.3 D1 (Riego Vegetales)	ECA-Cat.3 D2 (Bebida de	12:00 RYana2	11:00 RYana2	05:50 RYana2	19:00 RYana2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	< 2	18	< 2	6
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	>=4	>=5	4,69	7,79	7,63	7,36
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000	1000	23	49	49	49
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	-	7,8	----	----	----
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,19	8,4	8,41	7,89
Temperatura (T°)	°C	Δ 3	Δ 3	16,25	12,4	8	11,9
Conductividad (CE)	(μS/cm)	2500	5000	146,2	150,5	231	169,7

Nota. Datos tomados de la Autoridad Nacional del Agua (2018 – 2021)

La Tabla 33 presenta los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del río Yanahuanga (RYana2), ubicado en la cuenca del Jequetepeque, a una altitud aproximada de 3 216 m s.n.m. El monitoreo se realizó en los años 2018, 2019,

2020 y 2021. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N.º 004-2017-MINAM, categoría 3, subcategorías D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó valores menores a 2 mg/L en todos los monitoreos, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. De manera similar, la demanda química de oxígeno (DQO) registró valores entre <2 y 18 mg/L, cumpliendo con los valores del ECA. Asimismo, el oxígeno disuelto (OD) presentó valores entre 4,69 y 7,79 mg/L. En 2018, el valor registrado (4,69 mg/L) no cumple con el ECA para la subcategoría D2 (≥ 5 mg/L), pero cumple con el ECA para la subcategoría D1 (≥ 4 mg/L). En los años 2019, 2020 y 2021, los valores registrados cumplen con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. Del mismo modo, los coliformes termotolerantes presentaron valores entre 23 y 49 NMP/100 mL, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías en todos los años evaluados. Por otro lado, en el caso de *Escherichia coli*, solo se cuenta con registro en 2018, con un valor de 7,8 NMP/100 mL, el cual cumple con los valores establecidos por el ECA para la subcategoría D1. No se cuenta con registros para los años 2019, 2020 y 2021, ni con valor de referencia del ECA para la subcategoría D2. Por otro lado, el pH presentó valores entre 7,89 y 8,41. En 2018 (8,19) y 2019 (8,4), los valores registrados cumplen con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. En 2020, el valor registrado (8,41) no cumple con el ECA para la subcategoría D2 (6,5–8,4), pero cumple con el ECA para la subcategoría D1 (6,5–8,5). En 2021 (7,89), el valor registrado

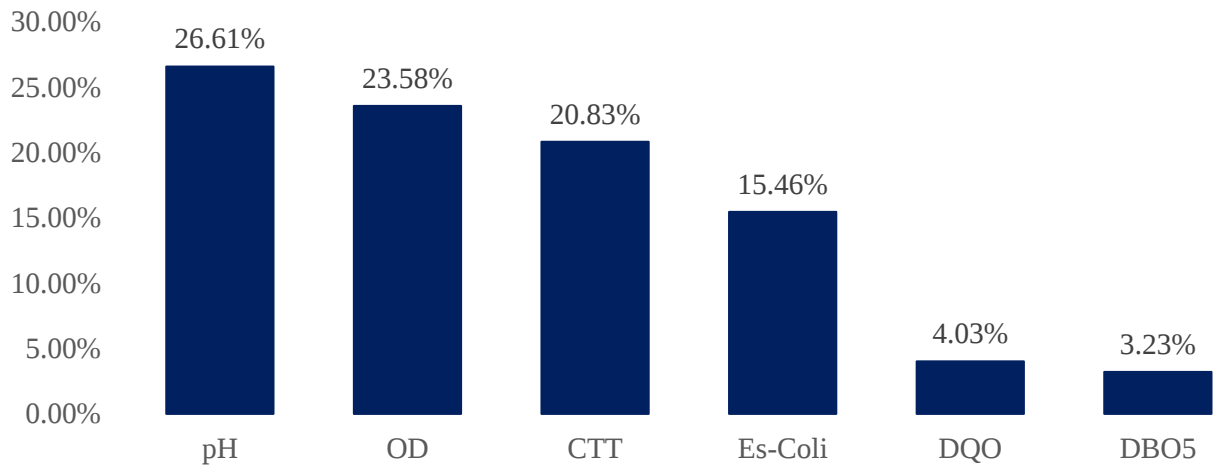
cumple con los valores establecidos por el ECA para ambas subcategorías. Asimismo, la temperatura del agua presentó valores entre 8,0 y 16,25 °C, cumpliendo con el ECA al no superarse la variación máxima permitida. Asimismo, la conductividad eléctrica registró valores entre 146,2 y 231 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cumpliendo con los valores establecidos por el ECA para las subcategorías D1 y D2.

Los resultados de la Tabla 33 para el río Yanahuanga (RYana2) durante 2018–2021 evidencian en general una condición favorable de calidad del agua para los usos asignados en la categoría 3 (D1 y D2), debido a que la DBO₅ y la DQO se mantuvieron bajas en todos los años evaluados, lo cual refleja una reducida carga de materia orgánica biodegradable y de compuestos oxidables; estos resultados son similares a lo reportado por Ghimire et al. (2013) en ríos de alta montaña, donde se observaron condiciones fisicoquímicas estables y variaciones asociadas principalmente a factores naturales y presiones puntuales. En cuanto al oxígeno disuelto, el valor registrado en 2018 que cumple para D1 pero no para D2 difiere de los años 2019–2021, donde se mantuvo dentro del criterio de comparación para ambas subcategorías, lo cual podría explicarse por variaciones hidrológicas temporales como cambios en el caudal, la turbulencia y la reaeración, que influyen directamente en la oxigenación natural del agua, tal como se describe en evaluaciones donde el OD varía por influencias locales (Grzywna & Sender, 2021). Respecto al componente microbiológico, los coliformes termotolerantes se mantuvieron en valores bajos y acordes con el criterio de comparación durante todo el periodo, por lo que estos resultados

difieren de estudios regionales donde se reportaron incrementos elevados asociados a aportes domésticos y pecuarios, como el río Mashcón (Palomino, 2018) y tramos del río Jequetepeque (Pastor et al., 2023), lo que sugiere menor influencia sostenida de contaminación fecal en el punto evaluado. En el caso de *Escherichia coli*, el registro disponible en 2018 muestra un valor bajo y compatible con el criterio de comparación para D1, aunque la ausencia de datos en 2019–2021 limita la evaluación temporal de este indicador. Finalmente, el pH presentó un incremento puntual en 2020 que genera no cumplimiento para D2, lo cual difiere de los demás años donde se mantuvo dentro del rango esperado y podría estar asociado a cambios en la dilución del cuerpo de agua o a variaciones naturales de la alcalinidad, coherente con la dinámica hidroggeoquímica que puede presentarse en ecosistemas de montaña (Ghimire et al., 2013); en conjunto, los resultados indican que RYana2 mantiene una calidad adecuada, con fluctuaciones puntuales en OD y pH que requieren seguimiento para confirmar si responden a eventos aislados o a condiciones temporales del punto de monitoreo.

Figura 3

Porcentaje de incumplimiento de los ECA para agua por parámetro (2018–2021)



Nota. Información procesada a partir de datos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

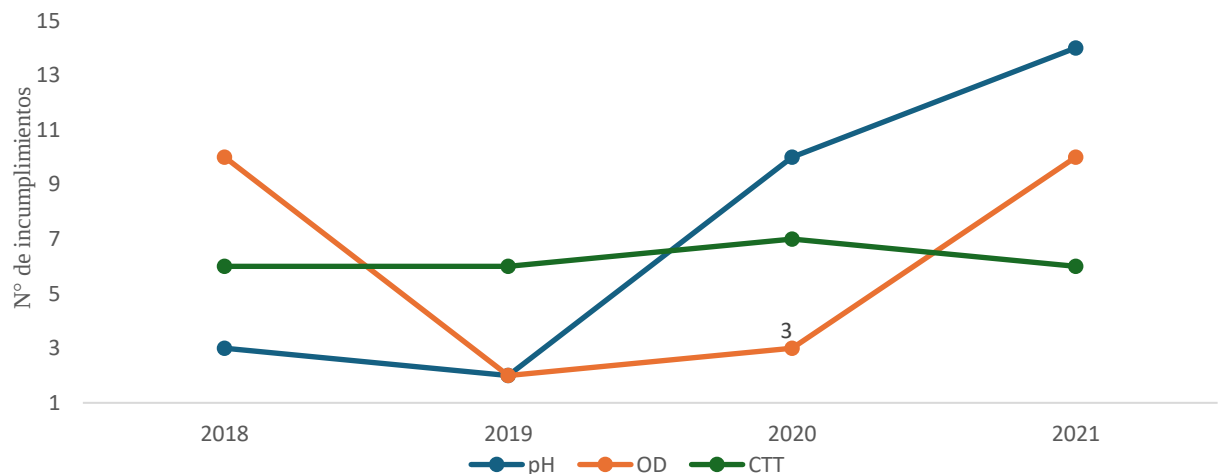
La Figura 3 muestra los porcentajes de incumplimiento de los parámetros evaluados en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. Se observa que el pH (26,61 %) y el oxígeno disuelto (23,58 %) presentan los mayores valores de incumplimiento. Asimismo, los parámetros microbiológicos, como los coliformes termotolerantes (20,83 %) y *Escherichia coli* (15,46 %), evidencian un nivel importante de afectación. Estos resultados reflejan la presencia de alteraciones tanto fisicoquímicas como microbiológicas en los cuerpos de agua evaluados.

Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Choque et al. (2021), quienes identificaron variabilidad en la calidad del agua en tramos con influencia antrópica, principalmente en zonas medias y bajas de la cuenca. Sin embargo, difieren de lo señalado por Ghimire et al. (2013), quienes reportaron

cuerpos de agua con buena calidad fisicoquímica, y contrastan con lo encontrado por Bohlok et al. (2024), quienes evidenciaron incumplimiento generalizado en todos los sitios evaluados. Estas diferencias podrían estar relacionadas con las condiciones ambientales propias de cada área de estudio, así como con la influencia de factores antrópicos y naturales que afectan la dinámica de los parámetros evaluados.

Figura 4

Variación interanual del incumplimiento de los ECA para agua (2018–2021)



Nota. Información procesada a partir de datos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

La Figura 4 presenta la variación interanual del incumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua durante el periodo 2018–2021. Se observa que los parámetros pH y oxígeno disuelto (OD) muestran una mayor variabilidad en los años 2020 y 2021, sin evidenciar una tendencia progresiva sostenida a lo largo del periodo evaluado. Asimismo, los coliformes termotolerantes (CTT) y *Escherichia coli* presentan recurrencia anual con

fluctuaciones moderadas. Por otro lado, los parámetros DBO₅ y DQO registran una baja frecuencia de incumplimiento, lo que refleja un comportamiento relativamente estable en comparación con los demás parámetros analizados.

El comportamiento observado es similar a lo reportado por Choque et al. (2021) en microcuencas altoandinas, donde los parámetros evaluados presentaron variaciones a lo largo de las estaciones y entre años de monitoreo. En contraste, Sánchez et al. (2021) reportaron un deterioro continuo de la calidad del agua en toda la cuenca, situación que no se evidencia en el presente estudio, ya que los resultados muestran eventos específicos por año más que una tendencia sostenida. Estas variaciones podrían estar asociadas a factores ambientales y antrópicos que influyen de manera temporal en la dinámica de los parámetros, generando fluctuaciones interanuales en la calidad del agua.

Tabla 34

Incumplimiento de los ECA-Agua por Cuerpo de Agua – Estaciones Críticas

Estación	Cuerpo de agua	Parámetro crítico	% Incumplimiento
RGran2	Río Grande	DBO ₅	75%
RGran2	Río Grande	DQO	60%
RGran2 / RMuyo1	Río Grande / Muyoc	<i>E. coli</i>	26,70%
RChot2	Río Chotano	DBO ₅	25%
RGran2 / RMuyo1	Río Grande / Muyoc	CTT	16%

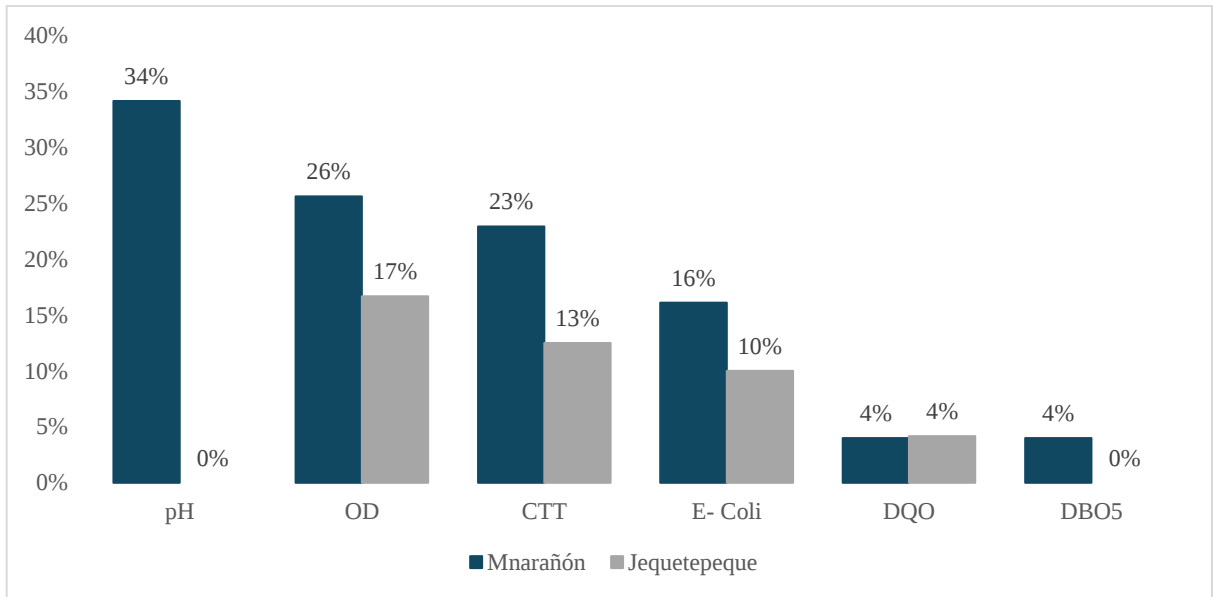
Nota. Información procesada a partir de datos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

La tabla 34 muestra las estaciones críticas según el porcentaje de incumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, evidenciándose que el río Grande concentra los mayores valores asociados a los parámetros DBO₅ (75 %) y DQO (60 %). Asimismo, las estaciones ubicadas entre el río Grande y el río Muyoc presentan incumplimientos relacionados con *Escherichia coli* (26,7 %) y coliformes termotolerantes (16 %), mientras que en el río Chotano se registra un incumplimiento asociado a la DBO₅ (25 %). Estos resultados indican que los incumplimientos no se distribuyen de manera homogénea en toda la cuenca, sino que se concentran en estaciones específicas.

Los patrones observados podrían estar relacionados con factores como la influencia antrópica local, aportes orgánicos puntuales y la variabilidad hidroquímica natural de los cuerpos de agua evaluados. Los incumplimientos microbiológicos evidencian la necesidad de articular acciones entre autoridades locales, operadores de servicios de saneamiento y gobiernos regionales, orientadas al mejoramiento de la infraestructura de tratamiento y al monitoreo continuo de fuentes de contaminación difusa. Este comportamiento coincide con lo reportado por Palomino (2018), quien identificó mayor afectación en estaciones con influencia urbana, lo cual sugiere que la presión antrópica puede incrementar la frecuencia de incumplimientos en determinados tramos. En este sentido, el patrón identificado en la presente investigación se caracteriza por ser localizado y no generalizado en toda la cuenca, evidenciando diferencias espaciales en la calidad del agua.

Figura 5

*Comparación porcentual del Incumplimiento de los ECA-Agua por Cuenca
(2018–2021)*



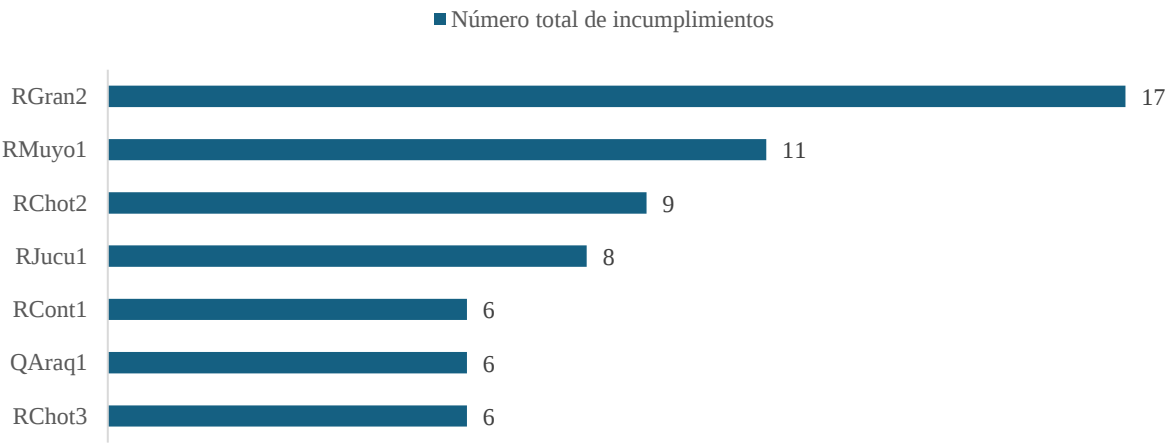
Nota. Información procesada a partir de datos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

La figura 5 muestra la comparación porcentual del incumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua entre las cuencas evaluadas durante el periodo 2018–2021. Se observa que la cuenca del Marañón presenta mayores porcentajes de incumplimiento en los parámetros pH (34 %), oxígeno disuelto (26 %), coliformes termotolerantes (23 %) y *Escherichia coli* (16 %) en comparación con la cuenca del Jequetepeque. En esta última, los mayores valores corresponden al oxígeno disuelto (17 %), coliformes termotolerantes (13 %) y *Escherichia coli* (10 %). Asimismo, en ambas cuencas la mayor afectación se concentra en los parámetros microbiológicos y en el oxígeno disuelto, mientras que la DBO₅ y la DQO presentan una baja frecuencia de incumplimiento,

evidenciando una menor incidencia relativa en comparación con los demás parámetros evaluados.

Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Choque et al. (2021) y Palomino (2018), quienes identificaron mayor afectación microbiológica en tramos con influencia antrópica. En contraste, Ghimire et al. (2013) reportaron predominio de buena calidad fisicoquímica en los cuerpos de agua evaluados, situación que no se evidencia en el presente estudio, donde se observan incumplimientos en varios parámetros y diferencias entre cuencas. Estas variaciones podrían estar asociadas a condiciones ambientales propias de cada sistema hidrológico, así como a factores antrópicos que influyen en la dinámica de la calidad del agua.

Figura 6
Estaciones con mayor número acumulado de incumplimientos de los ECA-Agua (2018–2021)



Nota. Información procesada a partir de datos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA)

La figura 6 muestra las estaciones con mayor número acumulado de incumplimientos de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua durante el periodo 2018–2021. Se observa que se registraron un total de 103 incumplimientos en ambas cuencas, concentrándose el 61,2 % en siete estaciones, destacando RGran2 con 17 registros acumulados, seguida por RMuyo1 con 11 y RChot2 con 9 incumplimientos. Estos resultados evidencian que la frecuencia de incumplimientos no se distribuye de manera uniforme, sino que se concentra en estaciones específicas dentro del área de estudio.

El patrón observado coincide con lo reportado por Palomino (2018) y Guerrero y Cabrera (2021), quienes identificaron deterioro focalizado en estaciones con mayor influencia antrópica. En contraste, Sánchez et al. (2021) reportaron una calidad del agua clasificada como mala de manera generalizada en el tramo urbano evaluado, situación que difiere de los resultados obtenidos en la presente investigación, donde los incumplimientos muestran una distribución localizada y no homogénea a lo largo de la cuenca. Estas diferencias podrían estar asociadas a la variabilidad espacial de las presiones ambientales y a la influencia de actividades humanas en sectores específicos.

Como complemento a la discusión, se incorporó información técnica institucional de la región Cajamarca (SMAPRE, Gobierno Regional y CAR-C), la cual brinda contexto sobre la gestión y monitoreo de la calidad del agua, así como recomendaciones regionales para fortalecer el control ambiental.

El Gobierno Regional de Cajamarca (2010), en el marco de lo establecido en el artículo 53 de la Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, implementó el Sistema de Monitoreo de Agua Participativo Regional (SMAPRE) con el objetivo de clasificar los cuerpos de agua superficiales naturales de la región Cajamarca conforme a los criterios establecidos en la Resolución Jefatural N.º 202-2010-ANA. Este sistema se basa en un enfoque participativo que integra a comunidades locales, instituciones públicas y autoridades ambientales en los procesos de monitoreo y evaluación de la calidad del agua, permitiendo la interpretación de resultados en función de los Estándares de Calidad Ambiental vigentes. El SMAPRE constituye un antecedente relevante a nivel regional al fortalecer la gestión descentralizada del recurso hídrico y promover la participación social en el seguimiento de la calidad del agua, recomendándose su aplicación continua como herramienta de apoyo para la toma de decisiones y la gestión ambiental regional (Gobierno Regional de Cajamarca, 2010). Por otro lado, el Sistema de Monitoreo de Agua Participativo Regional (SMAPRE) se articula directamente con la Autoridad Nacional del Agua (ANA), entidad que ha clasificado diversos cuerpos de agua superficial a nivel nacional conforme a lo establecido en la Resolución Jefatural N.º 202-2010-ANA, en concordancia con el Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM. Esta clasificación define la calidad objetivo de los cuerpos de agua según sus usos predominantes, estableciendo lineamientos para su protección, conservación y gestión, así como para la actualización de dicha información a partir de datos primarios generados en distintas unidades hidrográficas del país. En este contexto, el SMAPRE contribuye al

fortalecimiento del sistema nacional de gestión del recurso hídrico al complementar los procesos de evaluación de la calidad del agua con información regional y participación local (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2010; Ministerio del Ambiente [MINAM], 2008). En este contexto, la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del Gobierno Regional de Cajamarca impulsa el manejo integral de los recursos hídricos en la región, promoviendo la clasificación de los cuerpos de agua superficial de acuerdo con los instrumentos legales vigentes y articulando dicha información con los sistemas regionales de monitoreo de la calidad del agua. Esta gestión busca fortalecer la toma de decisiones ambientales mediante la generación y uso de información técnica que permita la protección, conservación y uso sostenible de los recursos hídricos regionales (Gobierno Regional de Cajamarca, 2010).

Por su parte, la Comisión Ambiental Regional de Cajamarca (CAR-C) ha recomendado la incorporación de parámetros adicionales de control, como sulfatos y metales pesados, en los procesos de evaluación de la calidad del agua, señalando la necesidad de actualizar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. Estas recomendaciones se sustentan en la presencia de actividades extractivas y productivas en la región, así como en la vulnerabilidad de los ecosistemas altoandinos, con el objetivo de fortalecer la protección ambiental y garantizar una gestión más integral y preventiva de los recursos hídricos (Comisión Ambiental Regional de Cajamarca [CAR-C], 2023; 2024).

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES

1. El análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las cuencas del Marañón y Jequetepeque durante el periodo 2018–2021 evidenció variaciones espaciales y temporales en la calidad del agua, manteniéndose en general el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, con incidencias puntuales en algunas estaciones. Estos resultados resaltan la importancia del monitoreo sistemático para la evaluación y gestión ambiental de los recursos hídricos altoandinos.
2. La variación temporal mostró mayor fluctuación en pH y oxígeno disuelto durante 2020–2021, mientras que los parámetros microbiológicos presentaron recurrencia anual con variaciones moderadas. En contraste, DBO₅ y DQO mantuvieron baja frecuencia de incumplimiento, evidenciando estabilidad relativa en el periodo evaluado.
3. La comparación con los ECA evidenció que los incumplimientos fueron localizados y no homogéneos, concentrándose principalmente en estaciones como RGran2 y RMuyo1, y con mayor incidencia en la cuenca del Marañón. El 61,2 % de los incumplimientos se acumuló en siete estaciones, indicando influencia antrópica focalizada.

5.2 RECOMENDACIONES

1. A la Autoridad Nacional del Agua (ANA), AAA y ALA: fortalecer el monitoreo sistemático y aplicar medidas de control en estaciones críticas de las cuencas Marañón y Jequetepeque, priorizando los parámetros pH, oxígeno disuelto y microbiológicos, especialmente en estaciones como RGran2 y RMuyo1.
2. Al sector salud, ambiental y entidades normativas competentes: articular acciones de vigilancia sanitaria en zonas con incumplimientos microbiológicos recurrentes e incorporar criterios adaptados a ríos altoandinos en los instrumentos normativos y de gestión hídrica.
3. El presente estudio constituye una base técnica para futuras investigaciones orientadas a profundizar el análisis espacial y temporal de la calidad del agua en cuencas altoandinas.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albaggar, A. K. A. (2021). *Investigation of some physical, chemical, and bacteriological parameters of water quality in some dams in Albaha region, Saudi Arabia*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(8), 4605–4612.

American Public Health Association (APHA). (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.). APHA, AWWA, WEF.

Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Resolución Jefatural N.º 202-2010-ANA: Aprueban la clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino-costeros del Perú*. Gobierno del Perú.

Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2024). *Resoluciones 2022–2024 sobre la actualización de la metodología de cálculo del Índice de Calidad de Agua – ICA-PE*. Diario Oficial El Peruano.

Autoridad Nacional del Agua. (2024). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. ANA

Autoridad Nacional del Agua. (2024). *Guía para el monitoreo de la calidad del agua superficial*. ANA.

Autoridad Nacional del Agua. (2024). *Guía metodológica para el cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE)*. ANA

- Banco de Occidente. (2019). *Ríos altoandinos: características y su importancia para los ecosistemas sudamericanos*. Banco de Occidente.
- Bohlok-Mezher, D., Mezher, M., Houshaymi, B., Fakhoury, M., & Khalil, M. I. (2024). *Microbiological and physicochemical water quality assessments of the Upper Basin Litany River, Lebanon. Environmental Monitoring and Assessment*.
- Botero, J., Martínez, C., & Rojas, D. (2020). Caracterización física y química de ecosistemas acuáticos de altura en Latinoamérica. *Revista de Hidrobiología Andina*, 12(2), 45–62.
- Botero, J., Restrepo, J. D., & Aguirre, N. (2020). *Water quality monitoring and assessment in Andean river basins*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(6), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08364-9>
- Brack Egg, A. (2012). *Ecorregiones del Perú*. Lima, Perú: Editorial Bruño.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2001). *Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0—Technical Report*. CCME.
- Choque-Quispe, D., Ligarda-Samanez, C. A., Solano-Reynoso, A. M., Ramos-Pacheco, B. S., Quispe-Quispe, Y., Choque-Quispe, Y., & Kari-Ferro, A. (2021). *Índice de calidad de agua en la microcuenca altoandina del río Chumbao, Andahuaylas, Apurímac, Perú*. *Tecnología y ciencias del agua*, 12(1), 37–73.

Comisión Ambiental Regional de Cajamarca. (2023). *Informe técnico sobre calidad del agua y parámetros de control ambiental en la región Cajamarca*. Cajamarca, Perú.

Comisión Ambiental Regional de Cajamarca. (2024). *Recomendaciones para la actualización de los Estándares de Calidad Ambiental para agua en ecosistemas altoandinos*. Cajamarca, Perú.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2023). *Seguridad hídrica en América Latina y el Caribe: desafíos y lineamientos para una gestión sostenible*. Naciones Unidas.

Congreso de la República del Perú. (1993). *Constitución Política del Perú*. Diario Oficial El Peruano.

Congreso de la República del Perú. (1997). *Ley N.º 26839, Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica*. Diario Oficial El Peruano.

Congreso de la República del Perú. (2004). *Ley N.º 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental*. Diario Oficial El Peruano.

Congreso de la República del Perú. (2005). *Ley N.º 28611, Ley General del Ambiente*. Lima, Perú

Congreso de la República del Perú. (2008). *Decreto Legislativo N.º 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente (MINAM)*. Diario Oficial El Peruano.

Congreso de la República del Perú. (2009). *Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos*.

Lima, Perú

Flores, G., Ramos, P., & Gutiérrez, L. (2022). Contaminantes emergentes en ríos altoandinos del Perú: evaluación y riesgos ambientales. *Revista Peruana de Ciencias Ambientales*, 9(1), 33–48.

Forest Trends & EcoDecision. (2013). *Infraestructura natural para la seguridad hídrica: Invirtiendo en los ecosistemas naturales para asegurar el suministro de agua en el Perú*. Forest Trends. <https://www.forest-trends.org>

Gobierno Regional de Cajamarca. (2010). *Sistema de Monitoreo de Agua Participativo Regional (SMAPRE)*. Cajamarca, Perú

Gobierno Regional de Cajamarca. (2010). *Gestión integral de los recursos hídricos en la región Cajamarca: clasificación de cuerpos de agua superficial y monitoreo de calidad del agua*. Gobierno Regional de Cajamarca.

Gonzales Saenz, W., Acharte Lume, L. M., Poma Palacios, J. C., Quispe Coica, A. F., & Pérez Foguet, A. (2025). *Monitoring and evaluation of water quality in rural Andean areas of Peru using wireless sensors with LoRa*. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*, 11(52), 196–204.

Ghimire, N. P., Jha, P. K., & Caravello, G. (2013). *Physico-chemical parameters of high-altitude rivers in the Sagarmatha (Everest) National Park, Nepal*. *Journal of Water Resource and Protection*, 5(8), 761–767.

- Grzywna, A., & Sender, J. (2021). *The assessment of the amount of water pollution and its suitability for drinking of the Tyśmienica River Basin, Poland*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(5), 315.
- Guerrero-Padilla, A. M., & Cabrera-Carranza, C. F. (2021). *Calidad de agua de uso agrícola en la cuenca media del río Jequetepeque, Perú*. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 12(5), 304–349.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press.
- Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM). (2023). *Título del informe sobre cambio climático o calidad del agua*. INAIGEM.
- Metcalf & Eddy. (2014). *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Ministerio del Ambiente. (2008). *Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM: Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua*. Gobierno del Perú.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). *Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para agua*. Diario Oficial El Peruano.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2021). *Resolución Ministerial N.º 083-2021-MINAM, Lineamientos para la elaboración, revisión y aprobación de los ECA y LMP*. Diario Oficial El Peruano.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2021). *Decreto Supremo N.º 020-2021-MINAM, Actualización de parámetros de calidad del agua: Uranio y Torio*. Diario Oficial El Peruano.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2021). *Etapas para la elaboración, revisión y aprobación de ECA y LMP*. MINAM.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2025). *Decreto Supremo N.º 018-2025-MINAM, Modificaciones metodológicas y actualización de ECA y LMP considerando contaminantes emergentes*. Diario Oficial El Peruano.

Organización de las Naciones Unidas. (2022). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2022: Aguas subterráneas, hacer visible el recurso invisible*. UNESCO.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2022). *Water quality and monitoring frameworks in OECD member countries*. OECD Publishing.

Ostrom, E. (2010). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.

Palomino Avellaneda, P. D. (2018). *Evaluación de la calidad del agua en el río Mashcón, Cajamarca, 2016* [Artículo]. *Anales Científicos*, 79(2), 298–307. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Pastor-Ortiz, Y. del R., Salazar-Chávez, B., & Sánchez-Peña, M. (2023). *Evaluation of the ecological and environmental quality of the water from the Jequetepeque river in the San Juan – Chilete section of the department of Cajamarca*. En M. M.

Larrondo Petrie, J. Texier & R. A. R. Matta (Eds.), Proceedings of the 21st LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: Leadership in Education and Innovation in Engineering in the Framework of Global Transformations (Vol. 2023-July). LACCEI.

Pulgar Vidal, J. (2014). *Las ocho regiones naturales del Perú*. Lima, Perú: Editorial PEISA.

Rodríguez Flores, R. G. (2021). *Análisis de la calidad del agua en ríos de la cuenca Chancay-Lambayeque, Perú*. REVISTA VERITAS ET SCIENTIA – UPT, 10(2), 298–309.

Roldán Rodríguez, J. L., Quispe Huamán, R., & Valderrama Huamán, F. J. (2025). *Caracterización limnológica y presencia de metales pesados en lagos altoandinos de Quiruvilca, La Libertad, Perú*. Revista Peruana de Ciencias Ambientales, 2(1), 45–58.

Sánchez-Araujo, V. G., Chávez, E. R., Garayar, H. G., Álvarez, A., Lacho, P., & Manrique, A. R. (2021). *Calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica según ICA-NSF*. Revista de Investigación Científica Siglo XXI, 1(1), 53–60.

U.S. Environmental Protection Agency. (2020). *National water quality inventory: Report to Congress*. United States Environmental Protection Agency.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2024). *Temperature and aquatic systems*. <https://www.epa.gov/caddis/temperature>

U.S. Geological Survey (USGS). (2018). *Dissolved oxygen and water*. Water Science School. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/dissolved-oxygen-and-water>

U.S. Geological Survey (USGS). (2019). *pH and water*. Water Science School. <https://www.usgs.gov/water-science-school/science/ph-and-water>

Villamarín, C., Prat, N., & Rieradevall, M. (2014). Bioindicadores bentónicos y calidad ecológica de ríos altoandinos. *Limnética*, 33(1), 145–160.

World Health Organization. (2017). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed.). World Health Organization.

World Health Organization. (2019). *Chemical contaminants in drinking-water*. WHO.

Zeomedia. (2023). *Water quality: Definition, factors and importance*. Zeomedia Environmental Resources.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo a: Muestra de infortmes de monitoreo emitidos por la Autoridad Nacional del Agua



AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
DIRECCION DE CALIDAD Y EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

USUARIO CONSULTA: OBSERVATORIO
FECHA REPORTE: 22/06/2024
HORA REPORTE: 18:25:00

DETALLE DEL CÁLCULO ICARHS DEL SUBINDICE 1 PARA EL PUNTO

PUNTO			QShil1			
Valor de la Calificación Sub Índice 1			90			
CALIFICACIÓN			Bueno			
Número de parametros que NO cumplen ECA para Agua			1			
Número Total de parámetros a Evaluar			6			
Número de datos que NO cumplen el ECA para Agua			1			
Número Total de Datos			21			
F1			16,666667			
F2			4,761905			
PARAMETROS		Cat.1-A2	05-2018	05-2019	10-2020	06-2021
			032-2018	035-2019	056-2020	0019-2021
FISICOS - QUIMICOS	Amoniaco-N	<=1,5			0,954	0,49
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	<=5	< 2	< 2	< 2	< 2
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	<=20	4	7	< 2	4
	Fósforo Total	<=0,15		< 0,01	< 0,05	< 0,007
	Oxígeno Disuelto	=5	4,48	7,21	7,4	6,9
MICROBIOLOGICO Y PARASITOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	<=2000	< 1,8	< 1,8	46	< 1,8
Sumatoria de los excedentes			0.00552719			
F3			,549681			
PARAMETROS		Cat.1-A2	05-2018	05-2019	10-2020	06-2021
			032-2018	035-2019	056-2020	0019-2021
FISICOS - QUIMICOS	Amoniaco-N	<=1,5				
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	<=5				
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	<=20				
	Fósforo Total	<=0,15				
	Oxígeno Disuelto	=5	0,116071			
MICROBIOLOGICO Y PARASITOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	<=2000				

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
DIRECCION DE CALIDAD Y EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

USUARIO CONSULTA: OBSERVATORIO

FECHA REPORTE: 22/06/2024

HORA REPORTE: 20:26:47

DETALLE DEL CÁLCULO ICARHS DEL SUBÍNDICE 1 PARA EL PUNTO

PUNTO			QChir1			
Valor de la Calificación Sub Índice 1			85			
CALIFICACIÓN			Bueno			
Número de parametros que NO cumplen ECA para Agua			1			
Número Total de parámetros a Evaluar			4			
Número de datos que NO cumplen el ECA para Agua			1			
Número Total de Datos			15			
F1			25			
F2			6,666667			
PARAMETROS	Cat.3		10-2018	10-2019	11-2020	08-2021
			057-2019	014-2020	038-2021	0047-2022
FISICOS - QUIMICOS	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	<=15	< 2	< 2	< 2	2
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	<=40	< 2	5	5	9
	Oxígeno Disuelto	>=5	5,2		7,03	4,196
MICROBIOLOGICO Y PARASITOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	<=1000	33	70	7,8	33
Sumatoria de los excedentes			0.012774067			
F3			1,261295			
PARAMETROS	Cat.3		10-2018	10-2019	11-2020	08-2021
			057-2019	014-2020	038-2021	0047-2022
FISICOS - QUIMICOS	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	<=15				
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	<=40				
	Oxígeno Disuelto	>=5				0,191611
MICROBIOLOGICO Y PARASITOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	<=1000				

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
DIRECCION DE CALIDAD Y EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

USUARIO CONSULTA: OBSERVATORIO

FECHA REPORTE: 22/06/2024

HORA REPORTE: 20:28:49

DETALLE DEL CÁLCULO ICARHS DEL SUBÍNDICE 1 PARA EL PUNTO

PUNTO			QChug1			
Valor de la Calificación Sub Índice 1			85			
CALIFICACIÓN			Bueno			
Número de parametros que NO cumplen ECA para Agua			1			
Número Total de parámetros a Evaluar			4			
Número de datos que NO cumplen el ECA para Agua			1			
Número Total de Datos			15			
F1			25			
F2			6,666667			
PARAMETROS		Cat.3	10-2018 057-2019	10-2019 014-2020	11-2020 038-2021	08-2021 0047-2022
FISICOS - QUIMICOS	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	<=15	< 2	< 2	< 2	4
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	<=40	< 2	4	12	5
	Oxígeno Disuelto	>=5	5,3		7,37	4,912
MICROBIOLOGICO Y PARASITOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	<=1000	130	110	130	17
Sumatoria de los excedentes			0.001194333			
F3			,119291			
PARAMETROS		Cat.3	10-2018 057-2019	10-2019 014-2020	11-2020 038-2021	08-2021 0047-2022
FISICOS - QUIMICOS	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	<=15				
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	<=40				
	Oxígeno Disuelto	>=5				0,017915
MICROBIOLOGICO Y PARASITOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	<=1000				

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
DIRECCION DE CALIDAD Y EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

USUARIO CONSULTA: OBSERVATORIO

FECHA REPORTE: 22/06/2024

HORA REPORTE: 20:08:14

DETALLE DEL CÁLCULO ICARHS DEL SUBINDICE 1 PARA EL PUNTO

PUNTO			QLboy1			
Valor de la Calificación Sub Índice 1			84			
CALIFICACIÓN			Bueno			
Número de parametros que NO cumplen ECA para Agua			1			
Número Total de parámetros a Evaluar			4			
Número de datos que NO cumplen el ECA para Agua			2			
Número Total de Datos			15			
F1			25			
F2			13,333333			
PARAMETROS		Cat.3	10-2018 057-2019	10-2019 014-2020	11-2020 038-2021	08-2021 0047-2022
FISICOS - QUIMICOS	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	<=15	< 2	< 2	< 2	< 2
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	<=40	8	11	13	13
	Oxígeno Disuelto	>=5	4,8		6,86	4,674
MICROBIOLOGICO Y PARASITOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	<=1000	49	49	22	< 1,8
Sumatoria de los excedentes			0.007427667			
F3			,73729			
PARAMETROS		Cat.3	10-2018 057-2019	10-2019 014-2020	11-2020 038-2021	08-2021 0047-2022
FISICOS - QUIMICOS	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	<=15				
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	<=40				
	Oxígeno Disuelto	>=5	0,041667			0,069748
MICROBIOLOGICO Y PARASITOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	<=1000				

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
DIRECCION DE CALIDAD Y EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

USUARIO CONSULTA: OBSERVATORIO

FECHA REPORTE: 22/06/2024

HORA REPORTE: 20:20:22

DETALLE DEL CÁLCULO ICARHS DEL SUBÍNDICE 1 PARA EL PUNTO

PUNTO			QLiri1			
Valor de la Calificación Sub Índice 1			100			
CALIFICACIÓN			Excelente			
Número de parametros que NO cumplen ECA para Agua			0			
Número Total de parámetros a Evaluar			4			
Número de datos que NO cumplen el ECA para Agua			0			
Número Total de Datos			15			
F1			0			
F2			0			
PARAMETROS		Cat.3	10-2018 057-2019	10-2019 014-2020	11-2020 038-2021	08-2021 0047-2022
FISICOS - QUIMICOS	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	<=15	< 2	< 2	< 2	< 2
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	<=40	10	3	14	9
	Oxígeno Disuelto	>=5	5,2		8,48	5,372
MICROBIOLOGICO Y PARASITOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	<=1000	14	110	79	110
Sumatoria de los excedentes			0			
F3			0			
PARAMETROS		Cat.3	10-2018 057-2019	10-2019 014-2020	11-2020 038-2021	08-2021 0047-2022
FISICOS - QUIMICOS	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	<=15				
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	<=40				
	Oxígeno Disuelto	>=5				
MICROBIOLOGICO Y PARASITOLOGICOS	Coliformes Termotolerantes	<=1000				