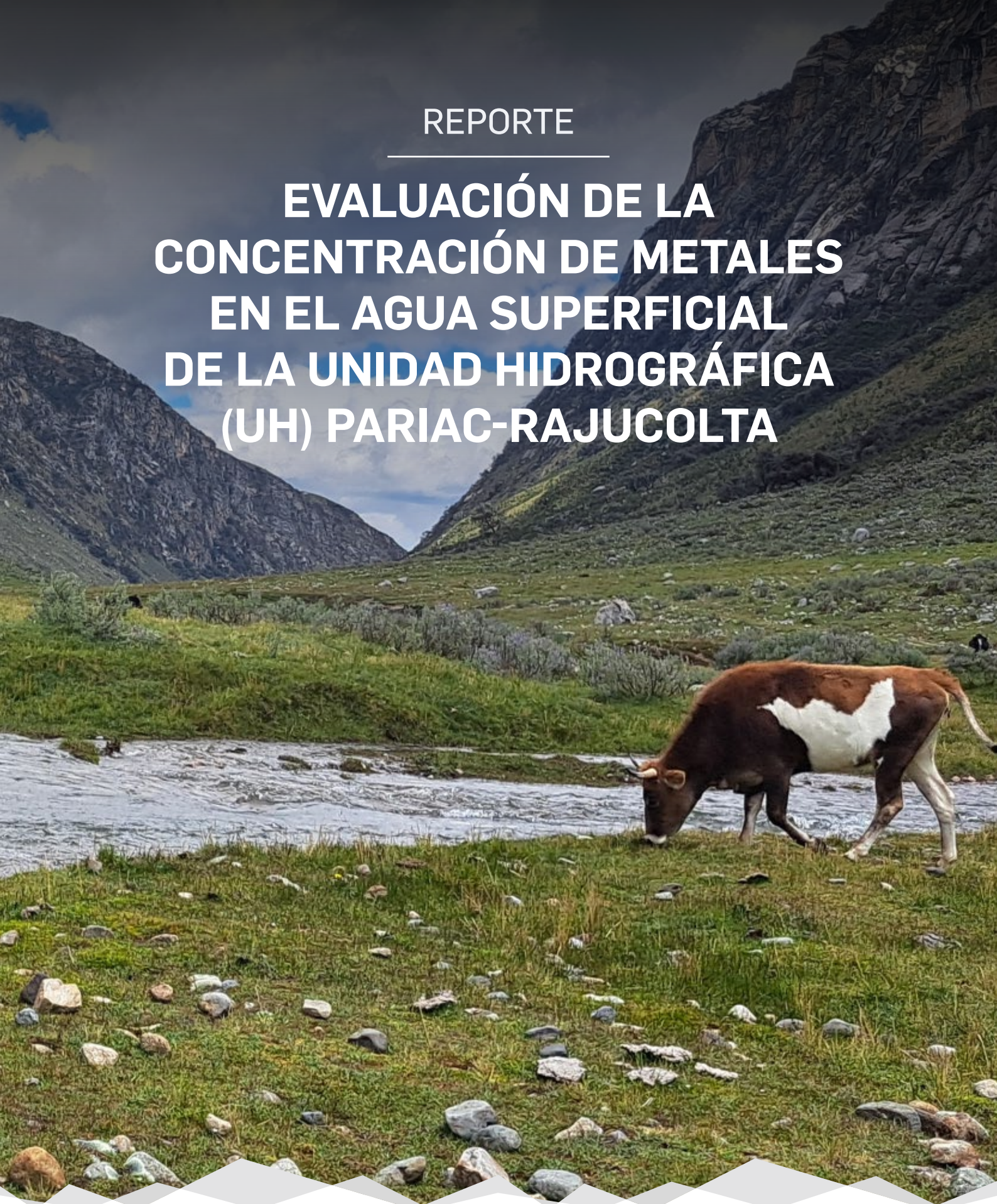


REPORTE

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA (UH) PARIAC-RAJUCOLTA



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

REPORTE

**EVALUACIÓN DE LA
CONCENTRACIÓN DE METALES
EN EL AGUA SUPERFICIAL DE
LA UNIDAD HIDROGRÁFICA (UH)
PARIAC-RAJUCOLTA**



INAIGEM

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA (UH) PARIAC-RAJUCOLTA

Autor

Yeidy Montano Chávez y Junior Figueroa Miranda

Revisor

Mirtha Camacho Hernández

Editado por

© Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)
Sede central: Av. Centenario 2656 - Sector Palmira, Independencia, Huaraz - Áncash - Perú
Teléfono: (043) 64 3460
Correo electrónico: diem@inaigem.gob.pe

Elaboración de mapas

Eduardo Sanchez Carrión
Técnico en Sistema de Información Geográfica

Revisión de estilo

Jorge Coaguila y Mirtha Camacho Hernández

Diseño y diagramación

Kipu Visual

Fotografías

Yeidy Montano Chávez

1ra edición

Noviembre 2025

Depósito legal del libro N° 2025-14178

Se terminó de imprimir en: Multiservicios Imp. "Gráfica Francis"
Jr. Jorge Chávez N° 373 - Caraz - Huaylas - Ancash

Tiraje: 100 ejemplares

ISBN: 978-612-99271-0-7



INAIGEM (2025). Evaluación de la concentración de metales en el agua superficial de la Unidad Hidrográfica (UH) Pariac-Rajucolta (Reporte). Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña - Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (DIEM-INAIGEM), Huaraz, Perú.

www.inaigem.gob.pe

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
GLOSARIO	8
PRESENTACIÓN	9
INTRODUCCIÓN	10
1. ASPECTOS GENERALES DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA (UH) PARIAC-RAJUCOLTA	11
2. MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA UH PARIAC-RAJUCOLTA	12
2.1. Metodología	12
2.2. Equipos y materiales	15
2.3. Red de puntos de monitoreo	15
3. RESULTADOS DEL MONITOREO	17
3.1. Análisis de resultados	21
3.2. Mapa de resultados	24
4. CONCLUSIONES	26
5. RECOMENDACIONES	26
LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
ANEXOS	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características principales de la UH Pariac-Rajucolta	11
Tabla 2. Frecuencia de análisis, laboratorio y método de análisis	13
Tabla 3. Resultados de los parámetros evaluados en la UH Pariac-Rajucolta de 2019 a 2024	19
Tabla 4. Recurrencia de parámetros que incumplen el ECA en la UH Pariac-Rajucolta (2019-2024)	23
Tabla 5. Estándar de calidad para el agua de la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales (parámetros usados en el reporte)	30
Tabla 6. Estándar de calidad para el agua de la categoría 4: conservación del ambiente acuático, E2: ríos (parámetros usados en el reporte)	31
Tabla 7. Ubicación y descripción de los puntos de evaluación	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la UH Pariac-Rajucolta	12
Figura 2. Toma de muestra de agua en los puntos 2 y 5 de la UH Pariac-Rajucolta	14
Figura 3. Medición de parámetros fisicoquímicos en los puntos 2 y 5 de la UH Pariac-Rajucolta	15
Figura 4. Mapa de puntos de monitoreo en la UH Pariac-Rajucolta	16
Figura 5. Evaluación del pH en el punto 1 de la UH Pariac-Rajucolta (2019-2024)	18
Figura 6. Comportamiento del pH en el periodo 2019-2024	21
Figura 7. Comportamiento de la concentración de Mn (mg/L), en el periodo 2019 -2024	22
Figura 8. Diagrama de calor de la concentración anual de manganeso (Mn) para el periodo 2021 - 2024	23
Figura 9. Mapa de resultados obtenidos de la evaluación de parámetros fisicoquímicos y concentración de metales	25
Figura 10. Imágenes de la zona de muestro del punto 1	32
Figura 11. Imágenes de la zona de muestro del punto 2	33
Figura 12. Imágenes de la zona de muestro del punto 5	34

GLOSARIO

- » **Calidad del agua:** medida de las características físicas, químicas y biológicas del agua que se relacionan con los estándares establecidos para su uso específico (consumo humano, agricultura, vida acuática, etc.) (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2017).
- » **Cambio climático:** es la alteración a largo plazo de los patrones climáticos globales o regionales, que fue atribuido principalmente la actividad antropogénica que provienen de actividades principales como deforestación y combustibles fósiles (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2021).
- » **Conductividad eléctrica:** medida de la capacidad del agua para conducir electricidad, asociada a la concentración de sales disueltas (Giraldo Buitrago & Gómez-Miranda, 2024).
- » **Drenaje ácido de roca (DAR):** proceso natural en el que minerales sulfurados reaccionan con agua y oxígeno, donde liberan metales pesados, lo que acidifica y contamina cuerpos de agua (Egiebor & Oni, 2007).
- » **ECA del agua (Estándares de Calidad Ambiental):** valores límites legales establecidos para determinar si la calidad del agua es adecuada para determinados usos e identificar los niveles críticos de contaminación (Sánchez Infantas y Quinteros Carlos, 2017).
- » **Muestreo:** actividad de recolección de muestras representativas de agua para su análisis fisicoquímico, microbiológico o biológico (Cepeda Hernández, 2023).
- » **Parámetros físicoquímicos:** indicadores medibles (pH, temperatura, turbidez, entre otros) que permiten evaluar el estado y la calidad del agua. (Arratia Chambi, 2024).
- » **pH:** escala que mide la acidez o alcalinidad del agua. El valor 7 indica neutralidad; valores menores son ácidos y mayores, básicos (Tiwari & Mahalpure, 2025).
- » **Punto de monitoreo:** sitio fijo y georreferenciado donde se realiza de manera periódica la medición o muestreo de parámetros de calidad del agua (Casimiro Soriano et al., 2023).
- » **Turbidez:** medida de la claridad del agua, determinada por la presencia de partículas suspendidas como sedimentos, materia orgánica o contaminantes (Martínez-Orjuela et al., 2020).

PRESENTACIÓN

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (Inaigem) es el ente rector de la investigación científica en glaciares y ecosistemas de montaña. Su finalidad es fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica en el ámbito de los glaciares y los ecosistemas de montaña; promoviendo su gestión sostenible en beneficio de las poblaciones o pueblos que viven en o se benefician de dichos ecosistemas.

En este marco, la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña (DIEM) es el órgano de línea responsable de desarrollar estudios científicos sobre el comportamiento y la evolución de los ecosistemas de montaña frente a los impactos del cambio climático y otros factores de presión..

Uno de los fenómenos naturales que afecta la calidad del agua superficial en cuencas glaciares es el drenaje ácido de roca (DAR), el cual se ve intensificado por el retroceso glaciar que expone materiales sulfurosos a las condiciones ambientales, generando procesos de acidificación y presencia de metales en el agua.

En este contexto, se vienen desarrollando estudios en diversas unidades hidrográficas, donde se ha confirmado la ocurrencia del DAR, con el fin de evaluar su comportamiento temporal. El presente reporte, titulado «Evaluación de la concentración de metales en el agua superficial de la unidad hidrográfica (UH) Pariac-Rajucolta», expone los resultados del monitoreo realizado entre 2019 y 2024. El estudio comprende el análisis de parámetros fisicoquímicos y de metales en la zona alta de esta UH, con el propósito de evaluar la calidad del agua conforme a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) e identificar posibles áreas afectadas por procesos de DAR.

La información brindada permite conocer el estado situacional de la calidad del agua en la UH, constituyéndose en un insumo relevante para futuras investigaciones académicas y, especialmente, para los tomadores de decisión vinculados a la gestión y provisión del recurso hídrico en el territorio.

El presente trabajo forma parte de los estudios que se vienen desarrollando en la cordillera Blanca y complementa los esfuerzos del Inaigem al generar información científica dirigida para los tomadores de decisiones y la comunidad académica, sobre los ecosistemas de montaña, así como de los peligros y presiones que afectan a las poblaciones que habitan y dependen de ellos.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de montaña, especialmente los ubicados en la cordillera Blanca, desempeñan un papel fundamental en la regulación hídrica, el almacenamiento de agua y el sostenimiento de la biodiversidad. Sin embargo, esta cordillera Blanca actualmente está experimentando un impacto significativo debido al cambio climático, lo que implica que ha sufrido un retroceso acelerado y pérdida crítica de la masa glaciar en las últimas décadas (Yarleque, 2024).

Estos entornos son altamente vulnerables a los efectos del cambio climático, manifestados principalmente a través del retroceso glaciar, la pérdida de cobertura de nieve y la alteración de los ciclos hidrológicos. Uno de los impactos más preocupantes en este contexto es la generación de drenaje ácido de roca (DAR), un proceso geoquímico que ocurre cuando minerales sulfurosos expuestos al oxígeno y al agua se oxidan, liberando metales pesados y generando aguas con elevada acidez. Según Crisanto-Rojas e Iannacone (2023), el drenaje ácido de roca se está intensificando como consecuencia del retroceso glaciar en la cordillera Blanca, y es detectable mediante el descenso del pH y el aumento de la concentración de metales en cuerpos de agua de alta montaña.

En este contexto, el Inaigem, a través de la DIEM, desarrolla estudios enfocados en la calidad del agua, para generar información científica que contribuya a la gestión sostenible de estos ecosistemas y a la adaptación al cambio climático.

La cuenca del río Santa es alimentada por el deshielo de los glaciares que se ubican en la parte alta y el riesgo que afronta actualmente se da por la generación del drenaje ácido de roca que afecta la calidad del agua, debido al acelerado retroceso glaciar (Bravo, 2023). La unidad hidrográfica Pariac-Rajucolta se encuentra en la provincia de Huaraz y sus aguas contribuyen a la cuenca del río Santa en su margen derecha (Alata Quispe, 2019).

El presente estudio, realizado en la UH Pariac-Rajucolta, busca evaluar la calidad del agua superficial mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica, turbidez) y metales (Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, Cr y Hg) de 2019 a 2024. La metodología empleada se basa en el análisis comparativo de los resultados obtenidos frente a los valores establecidos en el estándar de calidad ambiental (ECA) para agua, establecido en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Los resultados evidencian que todos los metales analizados en diez puntos de evaluación se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa ambiental, con excepción de una medición de manganeso en 2020. Sin embargo, en tres puntos de monitoreo (1, 2 y 5) se registraron valores de pH inferiores a 6,5, lo que sugiere un proceso emergente de acidificación posiblemente relacionada con la generación de drenaje ácido de roca (DAR). Esta evaluación busca identificar los puntos críticos de la cuenca donde puedan estar manifestándose procesos de acidificación y presencia de metales.

En este sentido, la información presentada busca servir como línea base científica para futuras investigaciones, así como insumo técnico para la toma de decisiones de autoridades ambientales, gestores de recursos hídricos y otros actores claves. Asimismo, se espera que los resultados obtenidos contribuyan al desarrollo de nuevas investigaciones orientadas a la biorremediación, considerada una alternativa viable para mitigar los impactos negativos sobre la calidad del agua en las zonas altas de estos ecosistemas.

1. ASPECTOS GENERALES DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA (UH) PARIAC-RAJUCOLTA

La unidad hidrográfica (UH) Pariac-Rajucolta se ubica a nivel político en el distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, en el departamento de Áncash y posee una extensión territorial de 107 km². En lo geográfico, se ubica en las coordenadas 9°30'49.49" S, 77°18'37.88" W (en dirección al Nevado Huantsan) y 9°35'01.43" S, 77°31'26.38" W (desembocadura del río Pariac). Su nivel de altitudinal es de 3 150 hasta 6 300 m s. n. m. Las aguas del río Pariac nacen en la laguna Rajucolta para después verter sus aguas en el río Santa (Inaigem, 2021).

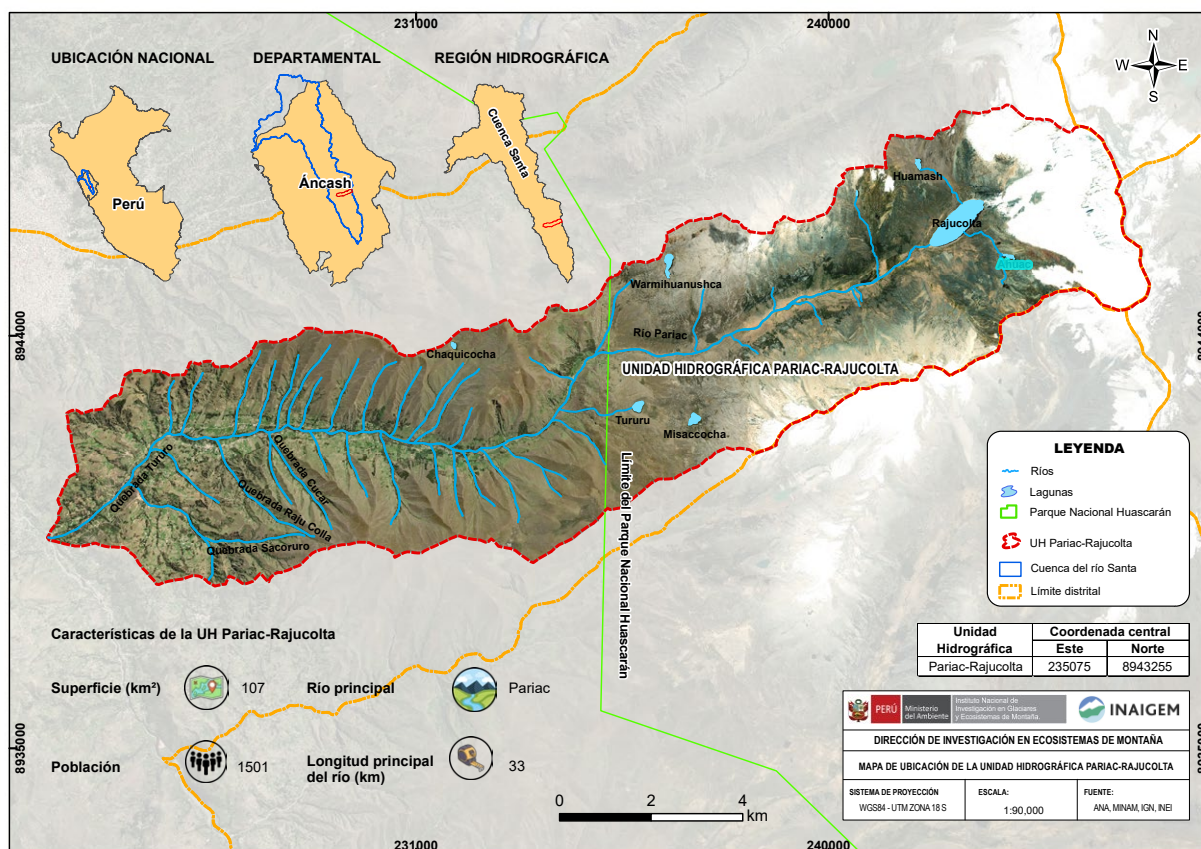
A nivel hidrográfico, se encuentra en la cuenca del río Santa, donde limita al este con la unidad hidrográfica Mosna y hacia el oeste, con el río Santa. La quebrada Pariac cuenta con más de 14 centros poblados, de los cuales se destaca Macashca, con 395 habitantes, y en el resto con 1 106 habitantes (INEI, 2017). Tiene una precipitación en la zona alta de 700 a 900 mm, la desembocadura de 900 a 1 200 mm, con una temperatura anual máxima que varía de 9 °C a 21 °C y mínima de 5°C a -1 °C (Senamhi, 2010).

Tabla 1. Características principales de la UH Pariac-Rajucolta

Características		Descripción
Nombre de la UH		Pariac-Rajucolta
Clasificación	Nivel	7
	Código pfaftetter	1376974
Ubicación	Política	Distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento Áncash
	Geográfica	9° 33' 6,19" S y 77° 24' 49,99" W
Vertiente hidrográfica		Océano Pacífico
Superficies (kilómetros cuadrados)		107
Río principal (km)		37
Altitud (m s. n. m.)		3 250-6 369
Población aproximada		1 501
Principales usos		Energía eléctrica y agricultura

El agua superficial proviene de la laguna Rajucolta, que se encuentra al pie del nevado Huantsán. En la actualidad, es aprovechado para la producción energética y otras actividades agrícolas de la zona. En el entorno de la laguna Rajucolta se observa mayor presencia de mineralización secundaria, aportando metales pesados y abundante óxido de hierro hacia el río Pariac, la cual puede degradar la calidad de agua de la subcuenca (Inaigem, 2016).

Figura 1. Mapa de ubicación de la UH Pariac-Rajucolta



2. MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA UH PARIAC-RAJUCOLTA

2.1. METODOLOGÍA

Para el monitoreo de la calidad de agua en la UH Pariac-Rajucolta, se tomó como referencia el Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA y se estructura en tres etapas principales:

- Selección de los puntos de monitoreo:** en esta etapa se identificaron y delimitaron los puntos estratégicos dentro de la UH. Para ello, se consideró factores como la red hidrográfica, actividades antrópicas y posible presencia de DAR. Una vez en campo, estos puntos fueron georreferenciados y se codificaron según su ubicación en la UH.

b) Trabajo de campo: en los puntos identificados, se realizó la toma de muestras de agua siguiendo el protocolo establecido e indicaciones de cada laboratorio, para garantizar la precisión y la representatividad de los datos. Durante esta etapa, se midieron los parámetros *in situ* como potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y turbidez, con el apoyo de equipos de medición de agua (multiparámetro y turbidímetro), y se recolectaron muestras de agua para el análisis de metales en un laboratorio acreditado, para el análisis de datos se priorizaron once metales: aluminio (Al), arsénico (As), boro (B), cadmio (Cd), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), plomo (Pb), zinc (Zn), cromo (Cr) y mercurio (Hg).

El estudio abarca el periodo 2019-2024 y se enfocó en la parte alta de la unidad hidrográfica. Cabe señalar que en 2023 no se realizaron evaluaciones de campo, por lo que no se dispone de datos correspondientes a ese año.

A continuación, en la tabla 2 se presenta la frecuencia en la que se desarrolló la evaluación del agua, el laboratorio donde se realizaron estos análisis de metales y el método de análisis del laboratorio.

Tabla 2. Frecuencia de análisis, laboratorio y método de análisis

Número de evaluación	Fecha	Laboratorio	Método de análisis
1	Marzo de 2019	SGS del Perú ⁱ	ICP-MS ⁱⁱ
2	Setiembre de 2019		
3	Setiembre de 2020		
4	Mayo de 2021		
5	Agosto de 2021		
6	Mayo de 2022		
7	Setiembre de 2022		
8	Abril de 2024		
9	Agosto de 2024		

i. SGS del Perú S. A. C., ubicado en la ciudad de Lima. Acreditado en todos los parámetros analizados.

ii. Espectrometría masas por plasma acoplado inductivamente (ICP-MS).

c) Análisis y comparación con los estándares de calidad ambiental (ECA): los resultados fueron contrastados con lo establecido en el Decreto Supremo N.º 004-2017-Minam, que define el estándar para la calidad del agua. Esta comparación permitió conocer la afectación del estado de la calidad del agua e identificar los puntos donde se muestra un impacto del DAR.

A continuación, en la tabla 2 se presenta la frecuencia en la que se desarrolló la evaluación del agua, el laboratorio donde se realizaron estos análisis de metales y el método de análisis del laboratorio.

Figura 2. Toma de muestra de agua en los puntos 2 y 5 de la UH Pariac-Rajucolta



2.2. EQUIPOS Y MATERIALES

En esta sección se describen los instrumentos y materiales empleados para recolectar muestras y realizar mediciones de parámetros fisicoquímicos del agua en la UH Pariac-Rajucolta. Se han utilizado los equipos y materiales que se mencionan a continuación:

- » **Materiales de recolección:** esta comprende a los frascos de muestreo de polietileno, que son utilizados para la recolección de las muestras de agua en los diferentes puntos de evaluación. El volumen de la muestra varía según lo requerido por el laboratorio, aproximadamente 100 ml. Además, se utiliza guantes de látex para la toma de las muestras, lo cual evita la contaminación de las mismas durante la recolección.
- » **Equipos de medición en campo:** los equipos que se utilizan para la medición de los parámetros fisicoquímicos *in situ* son el multiparámetro portátil, que mide a varios parámetros del agua al mismo tiempo como la temperatura, pH y conductividad eléctrica, y el turbidímetro, que mide la turbidez del agua. Es decir, se encarga de medir las partículas suspendidas.

Figura 3. Medición de parámetros fisicoquímicos en los puntos 2 y 5 de la UH Pariac-Rajucolta

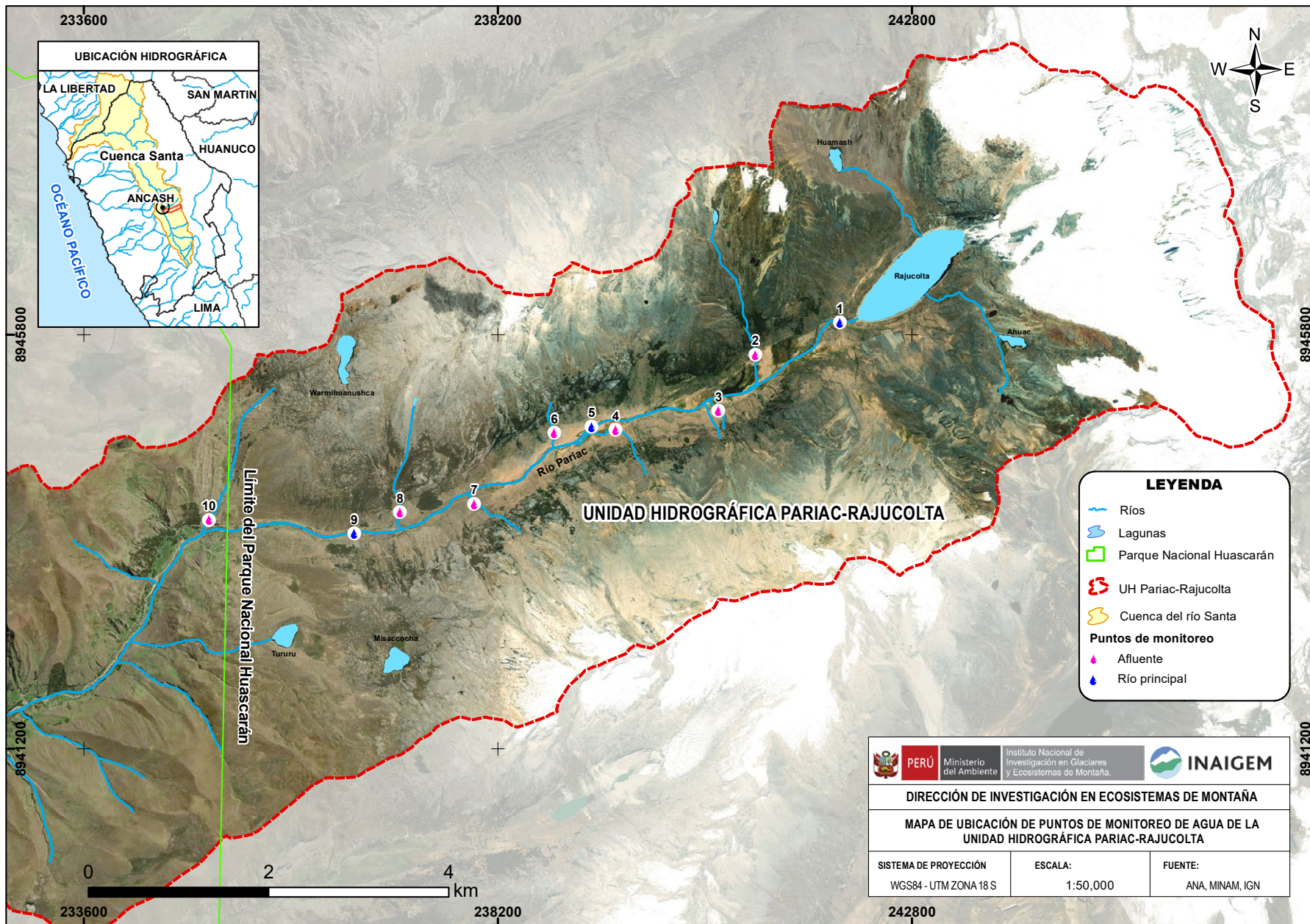


2.3. RED DE PUNTOS DE MONITOREO

La figura 4 muestra la ubicación de los diez puntos de monitoreo establecidos en la UH Pariac-Rajucolta, distribuidos en tres puntos sobre el cauce principal del río y siete puntos en sus afluentes. La selección de estos puntos se realizó considerando la permanencia de los flujos durante todo el año, tanto en época seca como en época húmeda, para asegurar la representatividad hidrológica de las condiciones naturales del sistema.

Asimismo, se priorizó la accesibilidad y seguridad de los sitios de muestreo, para minimizar riesgos operativos para el personal técnico durante las campañas de monitoreo. Esta red permite una cobertura espacial adecuada para evaluar la calidad del agua superficial en la parte alta de la cuenca, considerando posibles fuentes naturales de alteración, como el drenaje ácido de roca (DAR).

Figura 4. Mapa de puntos de monitoreo en la UH Pariac-Rajucolta



3. RESULTADOS DEL MONITOREO

Los resultados que se presentan a continuación corresponden al monitoreo realizado en la UH Pariac-Rajucolta. La información ha sido organizada por parámetro evaluado y por punto de monitoreo, iniciando con los puntos ubicados en el río principal, desde la parte alta de la cuenca hacia aguas abajo. Posteriormente, se presentan los resultados correspondientes a los afluentes que desembocan en el cauce principal.

En la tabla 3, se presentan los resultados obtenidos en la UH Pariac-Rajucolta, donde se observa el promedio, los valores mínimos y máximos, de los parámetros medidos en campo pH, conductividad eléctrica (CE) y turbiedad, además de los once metales evaluados: aluminio (Al), arsénico (As), boro (B), cadmio (Cd), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), plomo (Pb), zinc (Zn), cromo (Cr) y mercurio (Hg). Los resultados fueron comparados con el ECA para agua, aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-Minam. Se utilizó la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales y la categoría 4: conservación del ambiente acuático, E2: ríos (costa y sierra). Esta última, se utiliza para cuerpos naturales de agua superficial que forman parte de ecosistemas frágiles y que se encuentran en áreas naturales protegidas (ANP).

En los resultados, se observa que los puntos 1 y 2, los valores de pH (promedio, mínimo y máximo) se encuentran fuera de lo establecido en las categorías 3-D1, D2 y la categoría 4-E2 del ECA para agua con valores promedio de 4,53 y 5,48, respectivamente, y el punto 5, los valores de pH (promedio y mínimo) se encuentra fuera de lo establecido en la normativa, con un valor promedio de 6,32.

Los diez puntos de monitoreo presentan un comportamiento diferenciado, ya que se divide en dos grupos. Los puntos 1, 5 y 2 son los que incumplen en un parámetro las tres subcategorías y los demás puntos se encuentran dentro de lo establecido. Es decir, a modo general, esta UH aún no presenta acidificación de las aguas superficiales, sin embargo, el agua de la descarga de la laguna Rajucolta presenta un pH ácido y en los otros dos puntos existe indicios de una leve acidez.

A continuación, se muestra en la figura 5, una representación gráfica de los resultados de la tabla 3. Para este ejemplo, se presentan los resultados de pH del punto de monitoreo 1. Como se observa, el valor promedio, mínimo y máximo, se encuentra por debajo del rango establecido por el ECA para agua en la categoría 4 subcategoría E2: ríos y la categoría 3 en las subcategorías D1 «Riego de vegetales» y D2 «Bebida de animales», cuyos rangos permitidos a modo general varían desde 6,5 hasta 9. Asimismo, se presentan los resultados (promedio, mínimo y máximo) comparados con el ECA para agua, para los demás parámetros evaluados.

Figura 5. Evaluación del pH en el punto 1 de la UH Pariac-Rajucolta (2019-2024)

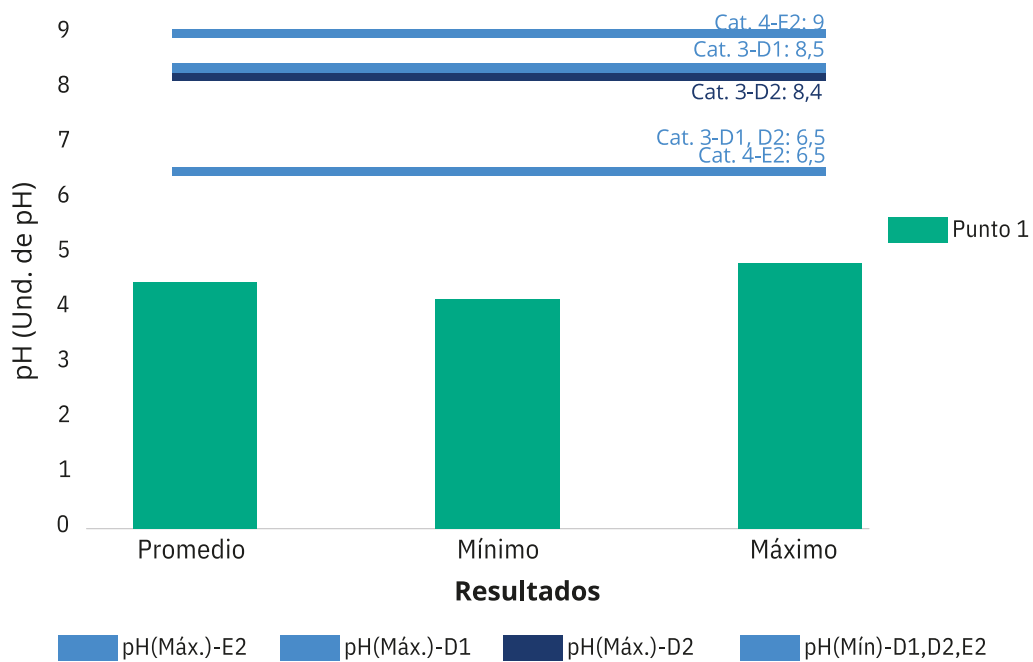


Tabla 3. Resultados de los parámetros evaluados en la UH Pariac-Rajucolta de 2019 a 2024

Zona de estudio	Puntos de monitoreo	pH (unidades de pH)			CE (uS/cm)			Turb. (NTU)			Al (mg/L)			
		V. prom.	V. mín.	V. máx.	V. prom.	V. mín.	V. máx.	V. prom.	V. mín.	V. máx.	V. prom.	V. mín.	V. máx.	
Unidad Hidrográfica Pariac-Rajucolta	Río principal	1	4,53	4,19	4,86	103,82	60,88	146,75	1,448	0,991	1,904	0,861	0,644	1,077
		5	6,32	5,83	6,82	84,45	59,01	109,89	2,127	1,588	2,666	0,596	0,421	0,771
		9	7,23	7,10	7,36	72,98	56,14	89,82	2,529	0,912	4,145	0,519	0,253	0,785
	Afluentes	2	5,48	5,30	5,67	67,73	49,89	85,57	0,528	0,333	0,723	0,317	0,281	0,353
		3	7,19	6,96	7,42	95,67	77,41	113,93	4,287	3,631	4,943	0,234	0,104	0,363
		4	7,68	7,46	7,91	56,53	32,37	80,70	4,174	2,804	5,545	0,120	0,081	0,160
		6	7,23	7,08	7,39	29,82	24,67	34,98	0,984	0,187	1,781	0,032	0,005	0,059
		7	7,21	7,03	7,39	11,53	8,55	14,50	3,810	2,166	5,454	0,143	0,063	0,222
		8	7,42	7,31	7,53	54,43	36,75	72,11	0,998	0,835	1,160	0,036	0,022	0,050
		10	7,39	7,18	7,59	34,36	14,49	54,22	0,743	0,630	0,856	0,036	0,027	0,044
ECA para el agua (categoría 3 - D1)		6,5-8,5			2 500			-----			5			
ECA para el agua (categoría 3 - D2)		6,5-8,4			5 000			-----			5			
ECA para el agua (categoría 4 - E2)		6,5-9,0			1 000			-----			-----			

■ Incumple las 3 subcategorías.

Cumple con todas las subcategorías

Zona de estudio	Puntos de monitoreo	As (mg/L)			Cd (mg/L)			Cu (mg/L)			Fe (mg/L)			
		V. prom.	V. mín.	V. máx.	V. prom.	V. mín.	V. máx.	V. prom.	V. mín.	V. máx.	V. prom.	V. mín.	V. máx.	
Unidad Hidrográfica Pariac-Rajucolta	Río principal	1	0,00011	0,00010	0,00012	0,00021	0,00016	0,00027	0,0018	0,0016	0,0020	0,184	0,112	0,255
		5	0,00131	0,00059	0,00203	0,00014	0,00006	0,00022	0,0018	0,0007	0,0029	0,264	0,209	0,319
		9	0,00081	0,00000	0,00178	0,00004	0,00003	0,00005	0,0011	0,0003	0,0018	0,404	0,197	0,612
	Afluentes	2	0,00013	0,00008	0,00018	0,00037	0,00025	0,00050	0,0017	0,0015	0,0020	0,013	0,003	0,023
		3	0,00598	0,00515	0,00682	< 0,00003*	< 0,00003*	< 0,00003*	0,0013	0,0000	0,0029	0,412	0,178	0,647
		4	0,00053	0,00008	0,00098	0,00017	0,00000	0,00033	0,0003	0,0000	0,0008	0,157	0,107	0,208
		6	0,00095	0,00000	0,00244	< 0,00003*	< 0,00003*	< 0,00003*	0,0001	0,0001	0,0002	0,016	0,007	0,026
		7	< 0,0001*	< 0,0001*	< 0,0001*	< 0,00003*	< 0,00003*	< 0,00003*	0,0001	0,0001	0,0001	0,173	0,060	0,287
		8	< 0,0001*	< 0,0001*	< 0,0001*	0,00004	0,00002	0,00005	0,0001	0,0001	0,0002	0,016	0,011	0,021
		10	< 0,0001*	< 0,0001*	< 0,0001*	< 0,00003*	< 0,00003*	< 0,00003*	0,0001	0,0001	0,0002	0,053	0,037	0,070
ECA para el agua (categoría 3 - D1)		0,1			0,01			0,2			5			
ECA para el agua (categoría 3 - D2)		0,2			0,05			0,5			-----			
ECA para el agua (categoría 4 - E2)		0,15			-----			0,1			-----			

Cumple con todas las subcategorías.

* Los valores obtenidos se encuentran por debajo del valor de cuantificación.

Zona de estudio	Puntos de monitoreo	Mn (mg/L)			Pb (mg/L)			Zn (mg/L)			
		V. prom.	V. mín.	V. máx.	V. prom.	V. mín.	V. máx.	V. prom.	V. mín.	V. máx.	
Unidad Hidrográfica Pariac-Rajucolta	Río principal	1	0,154	0,132	0,176	< 0,0006*	< 0,0006*	< 0,0006*	0,042	0,032	0,051
		5	0,120	0,098	0,142	< 0,0006*	< 0,0006*	< 0,0006*	0,033	0,026	0,039
		9	0,105	0,085	0,124	< 0,0006*	< 0,0006*	< 0,0006*	0,026	0,018	0,034
	Afluentes	2	0,060	0,050	0,069	< 0,0006*	< 0,0006*	< 0,0006*	0,036	0,028	0,045
		3	0,010	0,004	0,015	< 0,0006*	< 0,0006*	< 0,0006*	0,004	0,002	0,006
		4	0,004	0,003	0,005	< 0,0006*	< 0,0006*	< 0,0006*	0,004	0,002	0,005
		6	0,001	0,000	0,001	< 0,0006*	< 0,0006*	< 0,0006*	0,004	0,002	0,006
		7	0,005	0,003	0,007	< 0,0006*	< 0,0006*	< 0,0006*	0,004	0,002	0,006
		8	0,001	0,001	0,001	< 0,0006*	< 0,0006*	< 0,0006*	0,003	0,003	0,004
		10	0,002	0,002	0,003	< 0,0006*	< 0,0006*	< 0,0006*	0,007	0,000	0,015
ECA para el agua (categoría 3 - D1)			0,2			0,05			2		
ECA para el agua (categoría 3 - D2)			0,2			0,05			24		
ECA para el agua (categoría 4 - E2)			-----			0,0025			0,12		

Cumple con todas las subcategorías.

* Los valores obtenidos se encuentran por debajo del valor de cuantificación.

Zona de estudio	Puntos de m3monitoreo	B (mg/L)			Cr (mg/L)			Hg (mg/L)			
		V. prom.	V. mín.	V. máx.	V. prom.	V. mín.	V. máx.	V. prom.	V. vmín.	V. máx.	
Unidad Hidrográfica Pariac-Rajucolta	Río principal	1	< 0,006*	< 0,006*	< 0,006*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,00009*	< 0,00009*	< 0,00009*
		5	0,013	0,009	0,018	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,00009*	< 0,00009*	< 0,00009*
		9	0,011	0,006	0,016	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,00009*	< 0,00009*	< 0,00009*
	Afluentes	2	< 0,006*	< 0,006*	< 0,006*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,00009*	< 0,00009*	< 0,00009*
		3	0,007	0,005	0,010	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,00009*	< 0,00009*	< 0,00009*
		4	< 0,006*	< 0,006*	< 0,006*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,00009*	< 0,00009*	< 0,00009*
		6	< 0,006*	< 0,006*	< 0,006*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,00009*	< 0,00009*	< 0,00009*
		7	< 0,006*	< 0,006*	< 0,006*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,00009*	< 0,00009*	< 0,00009*
		8	< 0,006*	< 0,006*	< 0,006*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,00009*	< 0,00009*	< 0,00009*
		10	< 0,006*	< 0,006*	< 0,006*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,0003*	< 0,00009*	< 0,00009*	< 0,00009*
ECA para el agua (categoría 3 - D1)			1			0,1			0,001		
ECA para el agua (categoría 3 - D2)			5			1			0,01		
ECA para el agua (categoría 4 - E2)			-----			-----			0,0001		

Cumple con todas las subcategorías.

* Los valores obtenidos se encuentran por debajo del valor de cuantificación.

3.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

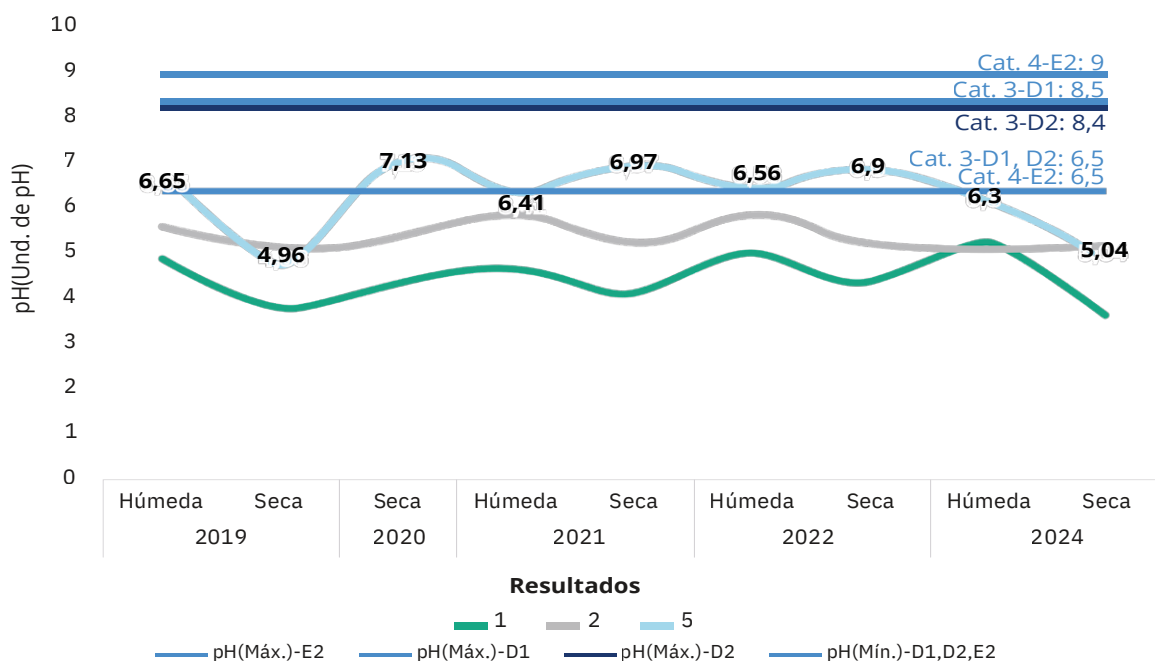
-Potencial de hidrógeno (pH)

La figura 6 presenta la representación gráfica de los valores de pH obtenidos en el periodo 2019-2024 para los puntos de monitoreo 1, 2 y 5. Estos resultados se comparan con los rangos establecidos en el estándar de calidad ambiental (ECA) para agua en la categoría 3, subcategoría D1 «Riego de vegetales» (6,5-8,5) y D2 «Bebida de animales» (6,5-8,4), así como en la categoría 4, subcategoría E2 «Ríos», correspondiente a la conservación del ambiente acuático (6,5-9,0).

Los valores registrados en los puntos 1 y 2, tanto en época seca como húmeda, se encuentran por debajo del rango permitido por el ECA, evidenciando condiciones de acidez. En contraste, el punto 5, ubicado en el río Pariac, mostró valores dentro del rango permitido en la temporada seca de los años 2020 (pH = 7,13), 2021 (pH = 6,97) y 2022 (pH = 6,90), lo que indica una mejor calidad del agua en comparación con los otros dos puntos.

La importancia de conocer el pH del agua es porque es un parámetro clave para la identificación de procesos de drenaje ácido de roca (DAR), especialmente en zonas afectadas por el retroceso glaciar, como la cordillera Blanca. Este fenómeno provoca la oxidación de minerales sulfurosos expuestos, lo cual genera la liberación de metales pesados y una marcada disminución del pH. Es decir, un incremento de la acidez del agua (Crisanto-Rojas & Iannacone, 2023).

Figura 6. Comportamiento del pH en el periodo 2019-2024

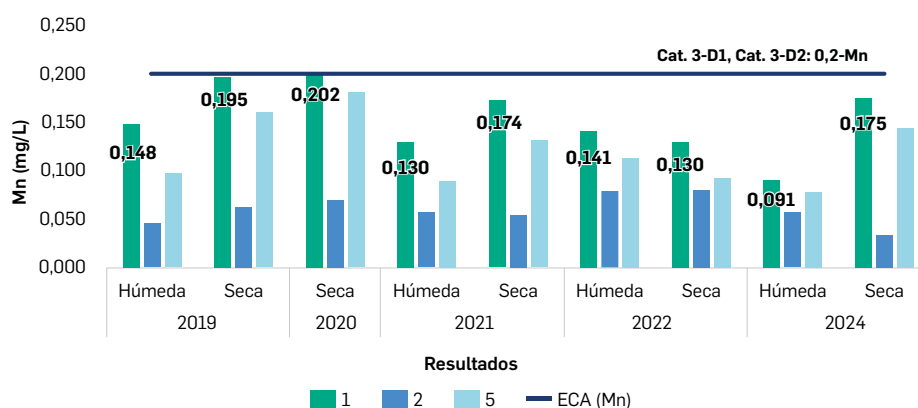


-Manganeso (Mn)

La figura 7 muestra la evolución de la concentración de manganeso (Mn) en el periodo 2019-2024, correspondiente a la UH Pariac-Rajucolta. El punto 1, ubicado en las inmediaciones de la descarga de la laguna Rajucolta, presenta condiciones ácidas, con un valor promedio de pH de 4,53 (ver tabla 3). En dicho punto, se observa que, durante la temporada seca de 2020, la concentración de Mn alcanzó los 0,202 mg/L, superando ligeramente el límite establecido por el estándar de calidad ambiental (ECA) para agua en la categoría 3-D1 y D2 (Mn = 0,2 mg/L). De igual modo, en la temporada seca de 2019, la concentración estuvo muy próxima a dicho valor de referencia.

Cabe destacar que el DAR se caracteriza por la generación de aguas de pH bajo, acompañadas de altas concentraciones de metales como hierro, zinc y manganeso, producto de la oxidación de sulfuros metálicos expuestos al oxígeno y al agua (Santofimia et al., 2017). Por tanto, la presencia de Mn en concentraciones elevadas en el punto 1 podría relacionarse con este tipo de proceso geoquímico.

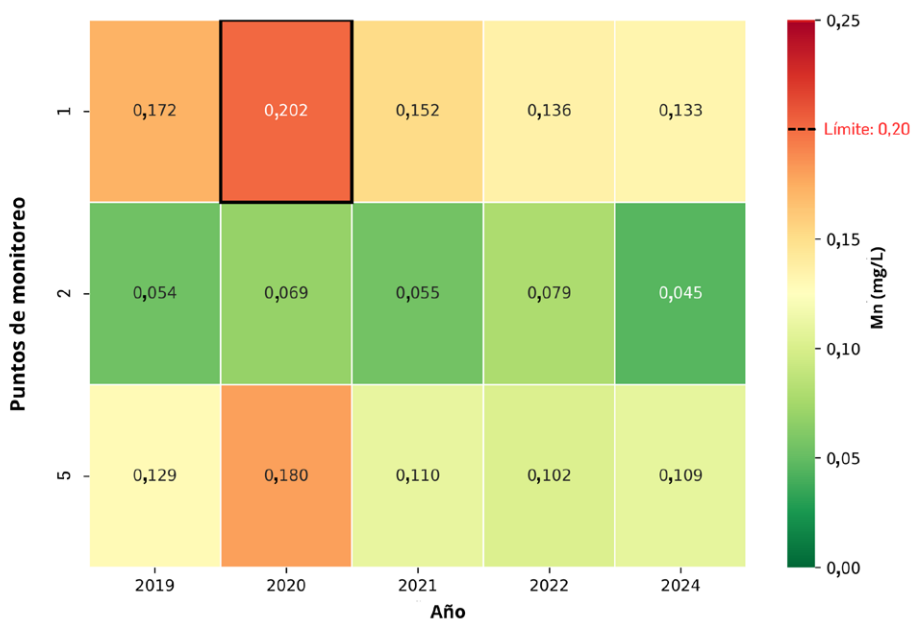
Figura 7. Comportamiento de la concentración de Mn (mg/L), en el periodo 2019-2024



En la figura 8, donde se presenta la variación anual de la concentración del manganeso (Mn) durante el periodo 2019-2024, comparada con el valor límite establecido en el ECA para agua, en la categoría 3, subcategoría D1 «Riego de vegetales» (0,2 mg/L) y subcategoría D2 «Bebida de animales» (0,2 mg/L).

El punto 2 presenta concentraciones anuales dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa. Por su parte, el punto 5 muestra un ligero incremento en el año 2020, alcanzando una concentración de 0,18 mg/L. Sin embargo, esta se mantiene por debajo del valor referencial durante todo el periodo evaluado. Por último, el punto 1 registra una concentración de 0,202 mg/L durante la temporada seca del año 2020, siendo este el único caso en que se supera ligeramente el límite establecido por el ECA.

Figura 8. Diagrama de calor de la concentración anual de manganeso (Mn) para el periodo 2021-2024



-Recurrencia de parámetros

La UH Pariac-Rajucolta presenta, en términos generales en la tabla 4, una recurrencia moderada de incumplimiento en los valores de pH registrados de 2019 a 2024. De 73 mediciones realizadas en este periodo, el 30% (22 muestras) no cumple con los valores establecidos en el ECA para agua. En contraste, la recurrencia de incumplimiento para el parámetro manganeso (Mn) es muy baja, con solo una muestra (1,4%) que supera el límite permitido por la normativa.

Estos resultados permiten identificar una tendencia a la acidez principalmente en los puntos de monitoreos 1 y 2, donde se registran valores de pH por debajo del rango normativo. Esta condición sugiere una posible etapa inicial de formación de drenaje ácido de roca (DAR), lo cual se alinea con la presencia de aguas ligeramente ácidas en dichos sectores. Sin embargo, hasta la fecha, los niveles de metales como hierro, zinc y manganeso se mantienen dentro de los límites establecidos por el ECA, con excepción de un caso puntual en la temporada seca de 2020, en el que se superó ligeramente el límite para Mn.

Tabla 4. Recurrencia de parámetros que incumplen el ECA en la UH Pariac-Rajucolta (2019-2024)

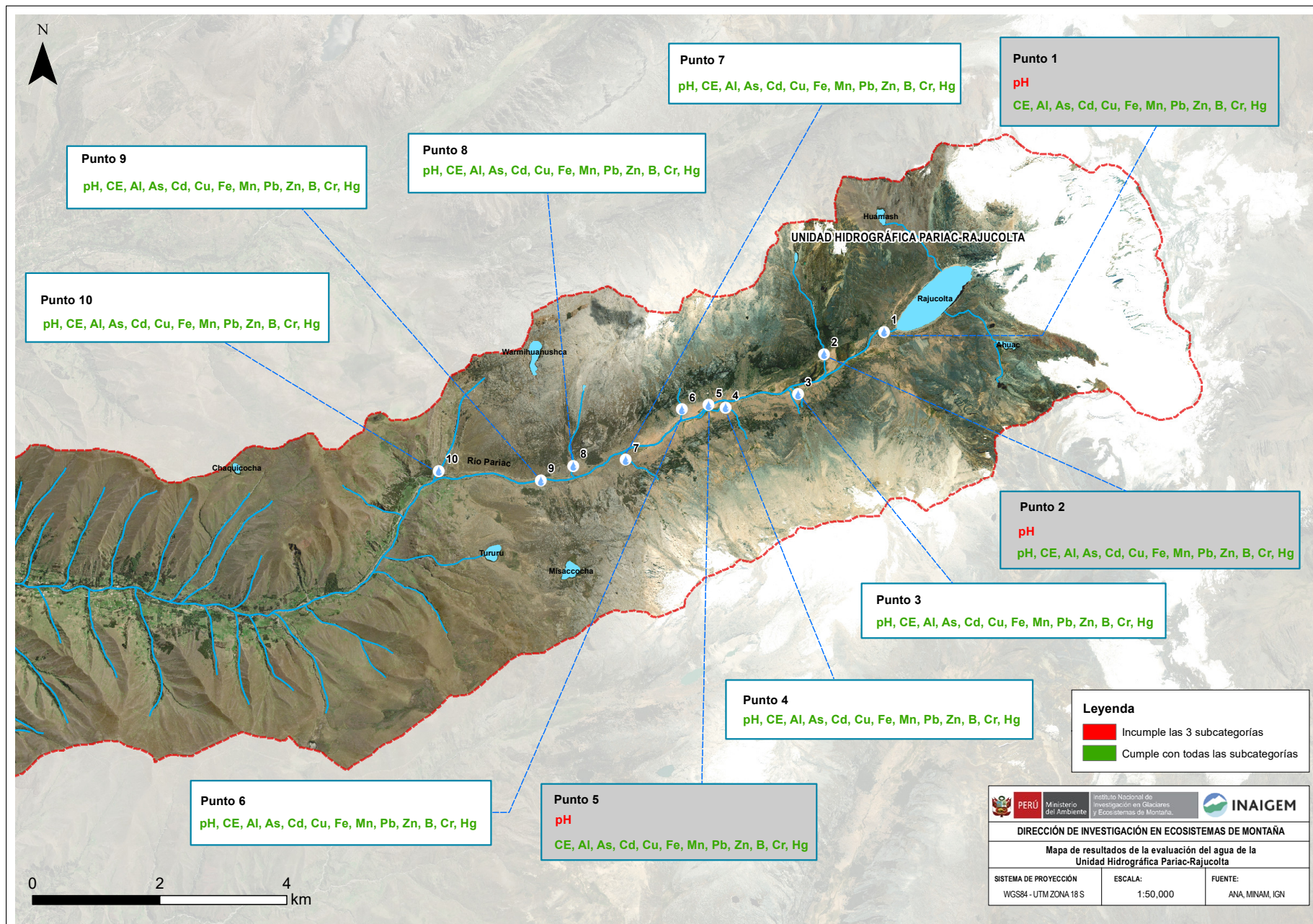
PARÁMETROS	Valor ECA agua	Recurrencia (%)
pH (Unid)	6,5-8,5 (Cat 3-D1) 6,5-8,4 (Cat 3-D2) 6,5-9,0 (Cat 4-E2)	30,1%
Manganeso (Mn)	≥ 0,2 mg/L (Cat 3-D1) ≥ 0,2 mg/L (Cat 3-D2)	1,4%

3.2. MAPA DE RESULTADOS

La figura 9 presenta el mapa de resultados de la evaluación realizada en la UH Pariac-Rajucolta, basado en los parámetros fisicoquímicos y metales totales registrados durante el periodo 2019-2024. Cabe señalar que no se realizaron evaluaciones en 2023, por lo que los resultados corresponden solo a los años con datos disponibles. En el mapa se ha empleado un código de colores para representar el cumplimiento del estándar de calidad ambiental (ECA) para agua: el color rojo indica incumplimiento en las tres subcategorías evaluadas (categoría 3: D1 y D2, y categoría 4: E2), mientras que el color verde representa cumplimiento en todas ellas.

Se observa que el parámetro pH no cumple con los valores establecidos por el ECA en los puntos 1, 2 y 5, específicamente en las subcategorías D1 («Riego de vegetales»), D2 («Bebida de animales») y E2 («Ríos para conservación del ambiente acuático»). Esta condición refleja la presencia de agua ácida, con mayor intensidad en el punto 1. En los puntos 2 y 5, los valores de pH también están por debajo del umbral normativo, aunque indican una acidez en etapa inicial, lo que sugiere que estas zonas podrían estar comenzando a experimentar procesos de acidificación. Por otro lado, los demás parámetros evaluados durante el periodo analizado se encuentran dentro de los límites establecidos por el ECA, lo que evidencia una condición general de calidad aceptable en relación con los demás analizados en la UH.

Figura 9. Mapa de resultados obtenidos de la evaluación de parámetros fisicoquímicos y concentración de metales



4. CONCLUSIONES

El monitoreo de la calidad del agua realizado en la UH Pariac-Rajucolta durante el periodo 2019-2024 permitió identificar que tres de los diez puntos evaluados (puntos 1, 2 y 5) presentan valores de pH por debajo de los rangos establecidos en el estándar de calidad ambiental (ECA) para agua, en las categorías 3 y 4. Esta condición sugiere la posible presencia de un proceso de acidificación, potencialmente asociado al drenaje ácido de roca (DAR).

En cuanto a los metales evaluados, la mayoría se encuentra dentro de los límites permitidos por la normativa vigente. Sin embargo, se detectó una superación puntual de del manganeso (Mn) en el punto 1, durante la temporada seca del año 2020, aunque el promedio general se mantuvo cercano al umbral sin excederlo de manera sostenida.

Estos hallazgos han permitido identificar los puntos críticos dentro de la unidad hidrográfica donde podrían estar desarrollándose procesos incipientes de DAR, información que resulta clave para orientar acciones de monitoreo continuo, prevención y, eventualmente, medidas de remediación.

5. RECOMENDACIONES

- » Implementar un sistema integrado de monitoreo ambiental, que combine mediciones periódicas de parámetros fisicoquímicos (como pH y conductividad eléctrica) con tecnologías accesibles y de bajo costo. Este sistema debe articularse con la participación activa de autoridades regionales, locales, comunidades y actores claves, fortaleciendo la vigilancia comunitaria y la gestión descentralizada de la calidad del agua.
- » Fomentar investigaciones aplicadas orientadas al diseño e implementación de soluciones basadas en la naturaleza, como humedales artificiales, para el tratamiento de aguas acidificadas en zonas altoandinas. Estas intervenciones deben integrarse en los instrumentos de planificación territorial y en los planes de desarrollo local, priorizando la protección de las cabeceras de cuenca.
- » Impulsar el fortalecimiento de las regulaciones locales mediante ordenanzas municipales que protejan las zonas de recarga hídrica y las cabeceras de cuenca, con enfoque preventivo frente a procesos de acidificación. Además, se recomienda la conformación de comités técnicos intersectoriales que mejoren la coordinación institucional y la gobernanza del agua en el ámbito local y regional.

LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ANA	Autoridad Nacional del Agua
Cond.	Conductividad eléctrica
DAR	Drenaje ácido de roca
DIEM	Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña
ECA	Estándar de Calidad Ambiental
ICP-MS	Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente
Inaigem	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
Minam	Ministerio del Ambiente
NTU	Unidades nefelométricas de turbidez
pH	Potencial de hidrógeno
Senamhi	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
Turb.	Turbidez
UH	Unidad hidrográfica
UTM	Universal Transverse Mercator (Proyección Universal Transversa de Mercator)
WGS84	World Geodetic System 1984 (Sistema Geodésico Mundial de 1984)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- » Alata Quispe, C. M. (2019). *Evaluación del recurso hídrico superficial de la quebrada Pariac, cuenca del río Santa, para el proyecto de las centrales hidroeléctricas Pariac V y Pariac VI* [Tesis de grado]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/10774>
- » Arratia Chambi, A. (2024). Parámetros fisicoquímicos del agua y su relación con macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua en la laguna Arapa, Puno 2023. *Revista de Investigaciones*, 13(3), 147–158. <https://doi.org/10.26788/ri.v13i3.6302>
- » Bravo, W. (2023). *Evaluación de los índices de riesgo para la salud humana por contaminación de metales en aguas superficiales de la subcuenca del río Negro, Áncash* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://hdl.handle.net/20.500.12748/555>
- » Casimiro Soriano, E. M., Chung Tong, B., & Cárdenas Pinto, D. G. (2023). Monitoreo de aguas residuales y evaluación del cumplimiento de Valores Máximos Admisibles (VMA) en colectores primarios del área de drenaje de una planta de tratamiento. *Yotantsipanko*, 3(1), 19-36. <https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v3i1.27>
- » Cepeda Hernández, I. K. (2023). *Desarrollo del plan de muestreo y toma de muestras de agua (Generación de contenidos impresos N.º 6)*. <https://doi.org/10.16925/gcgp.73>
- » Crisanto-Rojas, N., & Iannacone, J. (2023). Evaluation of the Impact of acidification on the water quality of Quebrada Quilcayhuanca, Ancash, Perú. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 47(185), 849-867. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1950>
- » Egiebor, N. O., & Oni, B. (2007). Acid rock drainage formation and treatment: a review. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 2(1), 47–62. <https://doi.org/10.1002/apj.57>
- » Giraldo Buitrago, L. C., & Gómez-Miranda, I. N. (2024). Space-time variation in water quality of the Aburrá-Medellín river using electrical conductivity in the period 2010-2020. Parte 2. *Revista EIA*, 21(41), 4118 pp. 1–27 <https://doi.org/10.24050/reia.v21i41.1689>
- » Inaigem. (2016). *Informe Técnico N°07 Laguna Rajucolta*. <https://hdl.handle.net/20.500.12748/204>
- » Inaigem. (2021). *Informe de evaluación del riesgo por aluvión en la parte baja de la Unidad Hidrográfica del río Pariac-Rajucolta, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/12376>
- » INEI. (2017). *Sistema de Consulta de Centros Poblados*. <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>
- » IPCC. (2023). Summary for Policymakers. In *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3–32). frontmatter, Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>
- » Martínez-Orjuela, M. R., Mendoza-Coronado, J. Y., Medrano-Solís, B. E., Gómez-Torres, L. M., & Zafra-Mejía, C. A. (2020). Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal. *Revista UIS Ingenierías*, 19(1), 15–24. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n1-2020001>

- » OMS. (2017). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: Cuarta edición que incorpora la primera agenda*. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>
- » Sánchez Infantas, E., & Quinteros Carlos, Z. (2017). Pertenencia del concepto de estándar de calidad ambiental (ECA) en la gestión de sistemas ambientales con varios estados alternativos. Estudio de caso de una experiencia peruana. *Ecología Aplicada*, 16(2), 151–164. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1019>
- » Santofimia, E., López-Pamo, E., Palomino, E. J., González-Toril, E., & Aguilera, Á. (2017). Acid rock drainage in Nevado Pastoruri glacier area (Huascarán National Park, Perú): hydrochemical and mineralogical characterization and associated environmental implications. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(32), 25243–25259. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0093-0>
- » Senamhi. (2010). *IDESEP*. <https://ideseq.senamhi.gob.pe/geovisorideseq/go?accion=05.03.013.03.001.512.0000.00.00>
- » Tiwari, R., & Mahalpure, G. S. (2025). A Detailed Review of pH and its Applications. *Journal of Pharmaceutical and Biopharmaceutical Research*, 6(2), 492–505. <https://doi.org/10.25082/JPBR.2024.02.001>
- » Vilímek, V., Hanzlík, J., Sládek, I., Šandov, M., & Santillán, N. (2013). The share of landslides in the occurrence of natural hazards and the significance of El Niño in the cordillera blanca and Cordillera Negra mountains, Peru. In *Landslides: Global Risk Preparedness* (pp. 133–148). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-22087-6_9
- » Yarleque, C. (2024). *Climate of the Cordillera Blanca* (V. Vilímek, B. Mark, & A. Emmer, Eds.; pp. 41–59). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-58245-5_3

ANEXOS

ANEXO 1. Categorías 3 y 4 del estándar de calidad ambiental (ECA) para agua, Decreto Supremo N.° 004-2017-Minam

Tabla 5. Estándar de calidad para el agua de la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales (parámetros usados en el reporte)

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido ⁱ	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS-QUÍMICOS				
Conductividad	(μ S/cm)		2 500	5 000
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH		6,5-8,5	6,5-8,5
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L		5	5
Arsénico	mg/L		0,1	0,2
Boro	mg/L		1	5
Cadmio	mg/L		0,01	0,05
Cobre	mg/L		0,2	0,5
Cromo	mg/L		0,1	1
Hierro	mg/L		5	**
Manganeso	mg/L		0,2	0,2
Mercurio	mg/L		0,001	0,01
Plomo	mg/L		0,05	0,05
Zinc	mg/L		2	24

ⁱ Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, solo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

** El parámetro no aplica para esta subcategoría.

Fuente: Decreto Supremo N.° 004-2017-Minam, Estándar de calidad ambiental (ECA) para agua.

Tabla 6. Estándar de calidad para el agua de la categoría 4: conservación del ambiente acuático, E2: ríos (parámetros usados en el reporte)

Parámetros	Unidad de medida	E2: ríos
		Costa y sierra
FÍSICOS-QUÍMICOS		
Conductividad	(μ S/cm)	1 000
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0
INORGÁNICOS		
Arsénico	mg/L	0,15
Cobre	mg/L	0,1
Mercurio	mg/L	0,0001
Plomo	mg/L	0,0025
Zinc	mg/L	0,12

Fuente: Decreto Supremo N.º 004-2017-Minam, estándar de calidad ambiental (ECA) para agua.

ANEXO 2. Ubicación de los puntos de evaluación de la UH Pariac-Rajucolta

Tabla 7. Ubicación y descripción de los puntos de evaluación

Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud	Descripción
	Este	Norte	m s. n. m	
1	242 002	8 945 933	4 033	Descarga de la laguna Rajucolta.
2	241 061	8 945 581	4 159	Aportante aguas abajo en la margen derecha del río Pariac.
3	240 754	8 945 027	4 184	Aportante aguas abajo en la margen izquierda del río Pariac.
4	239 504	8 944 747	4 158	Aportante aguas abajo en la margen izquierda del río Pariac.
5	239 243	8 944 778	4 148	Río principal.
6	238 805	8 944 584	4 173	Aportante aguas abajo en la margen derecha del río Pariac.
7	237 940	8 943 919	4 142	Aportante aguas abajo en la margen izquierda del río Pariac.
8	237 125	8 943 655	4 093	Aportante aguas abajo en la margen derecha del río Pariac.
9	236 607	8 943 592	4 052	Río principal, junto a la estación hidrométrica del Inaigem.
10	234 941	8 943 665	3 974	Aportante aguas abajo en la margen derecha del río Pariac.

ANEXO 3. Imágenes de los puntos donde incumplen el ECA

Figura 10. Imágenes de la zona de muestreo del punto 1



Figura 11. Imágenes de la zona de muestreo del punto 2



Figura 12. Imágenes de la zona de muestreo del punto 5





INAIGEM

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA