

REPORTE

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA (UH) QUILLCAY



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) QUILLCAY

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LA UNIDAD
HIDROGRÁFICA (UH) QUILLCAY

Autores:

Yeidy Montano, Beatriz Fuentealba, Pedro M. Tapia y Helder Mallqui

Colaborador:

Cristian Quispe Ccajavilca (elaboración de mapas)

Editado por:

© Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)
Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña (DIEM)

Sede central: Av. Centenario 2656, Sector Palmira, Independencia, Huaraz, Áncash, Perú

Teléfono: (043) 643-460

Correo electrónico: diem@inaigem.gob.pe

Fotografías de portada e interiores: Archivo DIEM-INAIGEM

Corrección de estilo: Jorge Coaguila y Mirtha Camacho Hernández

Diseño y diagramación: Ana Mercedes Periche Acosta

1ra edición digital

Depósito legal N° 2024-13558

Por favor citar la publicación de la siguiente manera:

Montano, Y., Fuentealba B., Tapia, P. M. y Mallqui H. (2023). Evaluación de la concentración de metales en el agua superficial de la Unidad Hidrográfica (UH) Quillcay(Reporte). Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña – Instituto Nacional Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (DIEM-INAIGEM).

► Índice

Presentación	8
Resumen ejecutivo	9
Introducción	10
1. Aspectos generales de la unidad hidrográfica (UH) Quillcay	11
1.1. Microcuenca Cojup	11
1.2. Microcuenca Quillcayhuanca	12
1.3. Microcuenca Shallap	12
2. Colecta de datos para calidad de agua	14
2.1. Análisis de laboratorio y gabinete	18
3. Resultados	20
3.1. Mapa de resultados en la unidad hidrográfica (UH) Quillcay	29
3.2. Evaluación de la última estación de monitoreo	31
Conclusiones	35
Referencias bibliográficas	36
Anexos	37
Anexo 1: Ubicación de los puntos de evaluación de la microcuenca Cojup	37
Anexo 2: Ubicación de los puntos de monitoreo de la microcuenca Quillcayhuanca	38
Anexo 3: Ubicación de los puntos de monitoreo de la microcuenca Shallap	39

► Índice de tablas

Tabla 1.	Características principales de la UH Quillcay	11
Tabla 2.	Frecuencia de análisis, laboratorio y método de análisis	19
Tabla 3.	Resultados de los parámetros evaluados en la microcuenca Cojup de 2016 a 2019	22
Tabla 4.	Resultados de los parámetros evaluados en la microcuenca Quillcayhuanca de 2015 a 2021	24
Tabla 5.	Resultados de los parámetros evaluados en la microcuenca Shallap de 2016 a 2021	27
Tabla 6.	Resultados de los parámetros evaluados en el punto 10 de monitoreo de la microcuenca Cojup (pH, conductividad eléctrica, turbiedad, aluminio y arsénico)	31
Tabla 7.	Resultados de los parámetros evaluados en el punto 10 de monitoreo de la microcuenca Cojup (cadmio, cobre, hierro, manganeso y plomo)	31
Tabla 8.	Resultados de los parámetros evaluados en el punto 10 de monitoreo de la microcuenca Cojup (zinc, boro, cromo y mercurio)	32
Tabla 9.	Resultados de los parámetros evaluados en el punto 14 de la microcuenca Quillcayhuanca (pH, conductividad eléctrica, turbiedad, aluminio y arsénico)	32
Tabla 10.	Resultados de los parámetros evaluados en el punto 14 de la microcuenca Quillcayhuanca (cadmio, cobre, hierro, manganeso y plomo)	32
Tabla 11.	Resultados de los parámetros evaluados en el punto 14 de la microcuenca Quillcayhuanca (zinc, boro, cromo y mercurio)	33
Tabla 12.	Resultados de los parámetros evaluados en el punto 10 de monitoreo de la microcuenca Shallap (pH, conductividad eléctrica, turbiedad, aluminio y arsénico)	33
Tabla 13.	Resultados de los parámetros evaluados en el punto 10 de monitoreo de la microcuenca Shallap (cadmio, cobre, hierro, manganeso y plomo)	33
Tabla 14.	Resultados de los parámetros evaluados en el punto 10 de monitoreo de la microcuenca Shallap (zinc, boro, cromo y mercurio)	34
Tabla 15.	Ubicación y descripción de los puntos de evaluación de la microcuenca Cojup	37
Tabla 16.	Ubicación y descripción de los puntos de evaluación de la microcuenca Quillcayhuanca	38
Tabla 17.	Ubicación y descripción de los puntos de evaluación de la microcuenca Shallap	39

► Índice de figuras

Figura 1.	Mapa de ubicación de la UH Quillcay	13
Figura 2.	Medición de parámetros fisicoquímicos en el punto 16 de la microcuenca Quillcayhuanca	14
Figura 3.	Mapa de puntos de monitoreo en la microcuenca Cojup	15
Figura 4.	Mapa de puntos de monitoreo en la microcuenca Quillcayhuanca	16
Figura 5.	Mapa de puntos de monitoreo en la microcuenca Shallap	17
Figura 6.	Toma de muestra de agua en el punto 17 de la microcuenca Quillcayhuanca	18
Figura 7.	Evaluación del pH en el punto 1 de la microcuenca Cojup (2016-2019)	21
Figura 8.	Mapa de resultados en las microcuencas Cojup, Quillcayhuanca y Shallap	30

PRESENTACIÓN

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) es el ente rector en investigación científica en glaciares y ecosistemas de montaña. Busca fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica en el ámbito de los ecosistemas de montaña para promover una gestión sostenible que beneficie a las poblaciones que viven en o se benefician de estos ecosistemas. En este sentido, la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña (DIEM) desarrolla estudios de la calidad del agua en los ecosistemas de montaña para convertirlos en reportes que contribuyan con el desarrollo de investigaciones científicas sobre los impactos y vulnerabilidad frente al cambio climático de los sistemas humanos y naturales en el ámbito de los ecosistemas de montaña.

A continuación, se presenta el reporte «Evaluación de la concentración de metales en el agua superficial de la Unidad Hidrográfica (UH) Quillcay», que ofrece los resultados de las concentraciones de metales y parámetros de campo evaluados en el río principal y afluentes de 2015 a 2021.

El objetivo central es informar sobre la calidad del agua, basados en parámetros fisicoquímicos y metales totales en cada una de las microcuencas (Cojup, Quillcayhuanca y Shallap) que forman la UH Quillcay, durante este periodo de evaluación (2015-2021).

Además, este reporte se podrá utilizar como línea base ambiental para estudios tanto del INAIGEM como de otras instituciones o investigadores. Asimismo, permitirá conocer la secuencia histórica sobre calidad de agua en la cabecera de cuenca de esta UH, mediante la comparación de estos resultados con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua. Así, se corroborará el cumplimiento de la norma con la categoría respectiva y el uso que la población le puede dar. Por último, este reporte servirá de insumo para intervenciones de las autoridades locales frente a algún problema de contaminación que se pueda presentar.

RESUMEN EJECUTIVO

La Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña (DIEM) estudia y monitorea el comportamiento y evolución de los ecosistemas de montaña frente a los impactos del cambio climático y otros factores de presión para determinar su grado de peligrosidad y promover medidas de mitigación y adaptación correspondientes. En ese sentido, se evalúa la calidad del agua en la UH Quillcay. Para ello, se realizaron trabajos de campo que consistieron en la medición de parámetros fisicoquímicos in situ y la toma de muestras de agua para la determinación de la concentración de metales. Por último, se sistematizó esta información.

A través de este reporte, se presentan los resultados de evaluación de la calidad de agua en las microcuencas de Cojup, Quillcayhuanca y Shallap, además de su comparación con el ECA para agua categoría 4. Asimismo, se presentan los resultados del último punto de evaluación comparado con el ECA para agua categoría 3 y con el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (CACH) (Decreto Supremo 031-2010-SA) por el potencial uso y tratamiento del agua hacia las poblaciones en las zonas medias y bajas de la cuenca. En resumen, y según el estudio realizado, todos los puntos evaluados en la microcuenca Cojup no presentan problemas de acidez ni de altas concentraciones de metales. No sucede lo mismo en las microcuencas Quillcayhuanca y Shallap, donde se observa en la mayoría de los puntos evaluados problemas de acidez y altas concentraciones de metales, como hierro, manganeso, plomo y zinc.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Santa pertenece a la vertiente del Pacífico y comprende sectores de la costa y sierra de los departamentos de Áncash y La Libertad. Posee un extenso territorio caracterizado por tener una de las zonas de glaciares tropicales más extensas del país y del planeta. Estos glaciares son una importante fuente de reserva de agua para el desarrollo de actividades económicas.

Una de las principales unidades hidrográficas (UH) aportantes a la cuenca del río Santa es la UH Quillcay. En ella se localizan las microcuencas Cojup, Quillcayhuanca y Shallap, ubicadas en la provincia de Huaraz, capital del departamento de Áncash. En el entorno de esta UH las actividades productivas mayores son la agricultura, la ganadería, y la crianza de animales menores, además del turismo.

El término «calidad del agua» es usado para describir las características físicas, químicas y biológicas del agua (por ejemplo: conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrógeno (pH)¹, turbiedad, metales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), fosfatos, nitratos, coliformes, entre otros), dependiendo principalmente del uso que se le da. En este sentido, en este reporte se presentan los resultados de los parámetros físicoquímicos y metales evaluados en las tres microcuencas que forman la UH Quillcay. La evaluación en la microcuenca Quillcayhuanca se realizó del 2015 a 2021, mientras que en la microcuenca Cojup fue del 2016 a 2019 y en la microcuenca Shallap fue del 2016 a 2021.

Los resultados que se obtuvieron fueron comparados con el ECA² para agua, que son indicadores de calidad que presentan valores máximos de concentraciones de elementos, sustancias u otros. Su finalidad es fijar metas que representan el nivel a partir del cual se puede afectar significativamente el ambiente y la salud humana.

Se evaluaron 9 puntos de agua en Cojup, 17 en Quillcayhuanca y 10 en Shallap, todos ellos dentro del área del Parque Nacional Huascarán (PNH), razón por la cual los resultados fueron comparados con el ECA para agua, categoría 4 «Conservación del ambiente acuático». Este indicador de calidad ambiental se utiliza para cuerpos naturales de agua superficial que forman parte de ecosistemas frágiles y que se encuentran en áreas naturales protegidas (ANP). Existen algunos parámetros en esta categoría que no reportan un valor, como el caso del aluminio (Al), cadmio (Cd), hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B) y cromo (Cr); para estos se utilizó como valor referencial la categoría 3-D1, «Riego de vegetales». Finalmente, a fin de conocer la calidad de agua que sale del PNH, de las áreas donde se realizan actividades agropecuarias y fuentes de uso para consumo humano, se compararon los resultados del último punto evaluado en cada microcuenca con el ECA para agua (categoría 3-D1), así como con el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (CACH) (Decreto Supremo 031-2010-SA).

De la evaluación realizada, se tiene como resultado que, durante el periodo de evaluación en la microcuenca Cojup, ningún punto supera el ECA para agua (categoría 4). Caso contrario de las microcuencas Quillcayhuanca y Shallap donde todos los puntos evaluados en el cauce principal presentan pH bajos (aguas ácidas) y varios de los metales evaluados, presentan altas concentraciones que superan la normativa mencionada.

En este sentido, la información presentada se espera sirva como soporte técnico para posteriores estudios sobre la influencia del retroceso glaciar en la generación de drenaje ácido de roca (DAR), así también para investigaciones en temas de biorremediación, como una alternativa viable para disminuir los impactos en la calidad del agua en las partes altas de los ecosistemas de montaña.

¹ El pH es una propiedad química que mide el grado de acidez o alcalinidad de soluciones acuosas (Osorio, 2012).

² www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf

1. ASPECTOS GENERALES DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA (UH) QUILLCAY

Esta unidad hidrográfica (UH) se ubica, en lo político, en el departamento de Áncash, provincia de Huaraz. En lo geográfico, se encuentra entre los paralelos 09°22'5" y 9°33'56" de latitud Sur, y entre los meridianos 77°22'15" y 77°32'17" de longitud Oeste. En lo hidrográfico, se halla en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes, en la margen derecha del río Santa a nivel de la cuenca media. Limita por el Norte con las subcuencas Llaca, Paltay y Marcará en la parte alta; por el Sur con la subcuenca del río Pariac, por el Este con la cuenca del río Marañón, y por el Oeste con el río Santa, donde desemboca.

► Tabla 1. Características principales de la UH Quillcay

Características		Descripción
Nombre de la UH		Quillcay
Clasificación	Nivel	6
	Código Pfafstetter	137696
Ubicación	Política	Distrito de Huaraz e Independencia
	Geográfica	9° 28' 7,558" S y 77° 23' 57,053" W
Vertiente hidrográfica		Pacífico
Superficie (kilómetros cuadrados)		247,34
Río principal (kilómetros)		29,35
Altitud (m s. n. m.)		3.050-6.300
Población		56.497
Principales usos		Agropecuario y agrícola

Fuente: Elaboración propia

Los requerimientos del recurso hídrico en la UH Quillcay se clasifican en tres: para uso agrario, para uso poblacional y para otros usos. Según las prioridades establecidas por ley, el primero en orden es el uso poblacional o de consumo humano, el siguiente es el uso agrario y, por último, está el destinado a otros usos. En este ámbito de la UH Quillcay, además del abastecimiento de agua para riego, existe también abastecimiento para uso poblacional, energético, industrial y minero. La oferta hídrica de la UH Quillcay corresponde a un sistema de cuenca alta no regulado. Es decir, las descargas se presentan tal cual ocurren en la naturaleza, con aporte de las precipitaciones, lagunas, nevados y manantiales, en forma natural.

1.1. Microcuenca Cojup

Se ubica en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Áncash, en la parte central occidental del Perú. Tiene una extensión territorial de 55,5 kilómetros cuadrados. Su nivel altitudinal varía de 3.700 a 6.200 metros. Ocupa parte de la vertiente occidental de la cordillera Blanca. Sus aguas forman el río Paria, que —después de confluir con el río Auqui y formar el río Quillcay— fluye para después verter sus aguas al río Santa en la ciudad de Huaraz.

Es la principal fuente de agua para la entidad prestadora de servicios de saneamiento (EPS) Chavín, que toma el agua del río Paria, para el abastecimiento destinado a consumo humano en el área urbana de los distritos de Huaraz e Independencia.

1.2. Microcuenca Quillcayhuanca

Se ubica en los distritos de Huaraz e Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Áncash, en la parte central occidental del Perú. Tiene una extensión territorial de 9.398,230 hectáreas. Asimismo, abarca cumbres de 3.779 a 5.251 metros de altitud. Ocupa parte de la vertiente occidental de la cordillera Blanca. Tras confluir con el río Shallap y formar el río Auqui, confluye con el río Paria, para después verter sus aguas al río Santa en la ciudad de Huaraz.

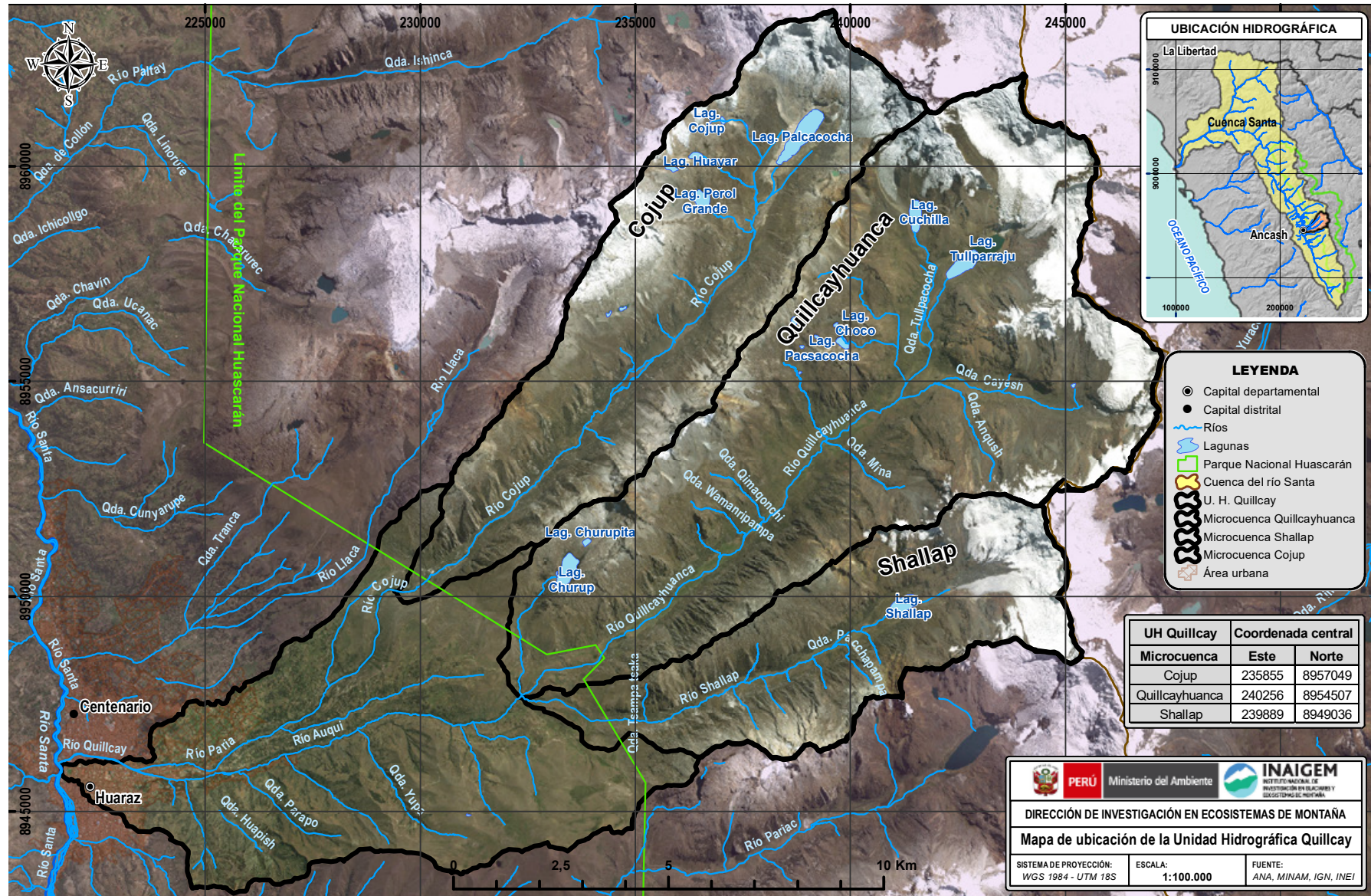
Es una fuente importante para la ganadería. Pese a su alto caudal, sus aguas no son utilizadas para el abastecimiento de agua potable por su acidez y sus altas concentraciones de metales.

1.3. Microcuenca Shallap

Se ubica en el distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Áncash, en la parte central occidental del Perú. Tiene una extensión de 35 kilómetros cuadrados. Su nivel altitudinal varía de 3.700 a 5.950 metros. Ocupa parte de la vertiente occidental de la cordillera Blanca. Después de confluir con el río Quillcayhuanca y formar el río Auqui, se une con el río Paria, para formar el río Quillcay y después verter sus aguas al río Santa en la ciudad de Huaraz.

Es una fuente importante para la ganadería. Pese a su alto caudal, sus aguas no son utilizadas para el abastecimiento de agua potable por su acidez y su concentración elevada de algunos metales pesados.

► Figura 1. Mapa de ubicación de la UH Quillcay



Fuente: Elaboración propia

2. COLECTA DE DATOS PARA CALIDAD DE AGUA

La DIEM realiza evaluaciones de las aguas superficiales desde 2015 en la microcuenca Quillcayhuanca y desde 2016 en las microcuencas Cojup y Shallap. Las mediciones son parámetros fisicoquímicos de campo como potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD) y temperatura, con el apoyo de equipos de medición de calidad de agua (multiparámetro y turbidímetro). La entidad colectó muestras de agua que se enviaron para analizar el contenido de metales totales en laboratorios acreditados, en la mayoría de los casos. Este trabajo se realizó tres veces al año en temporada húmeda, seca y de transición hasta 2018. Desde 2019, las evaluaciones se desarrollaron en temporada húmeda y seca, todo como parte del sistema de evaluación de la calidad del agua en la UH Quillcay, en Áncash.

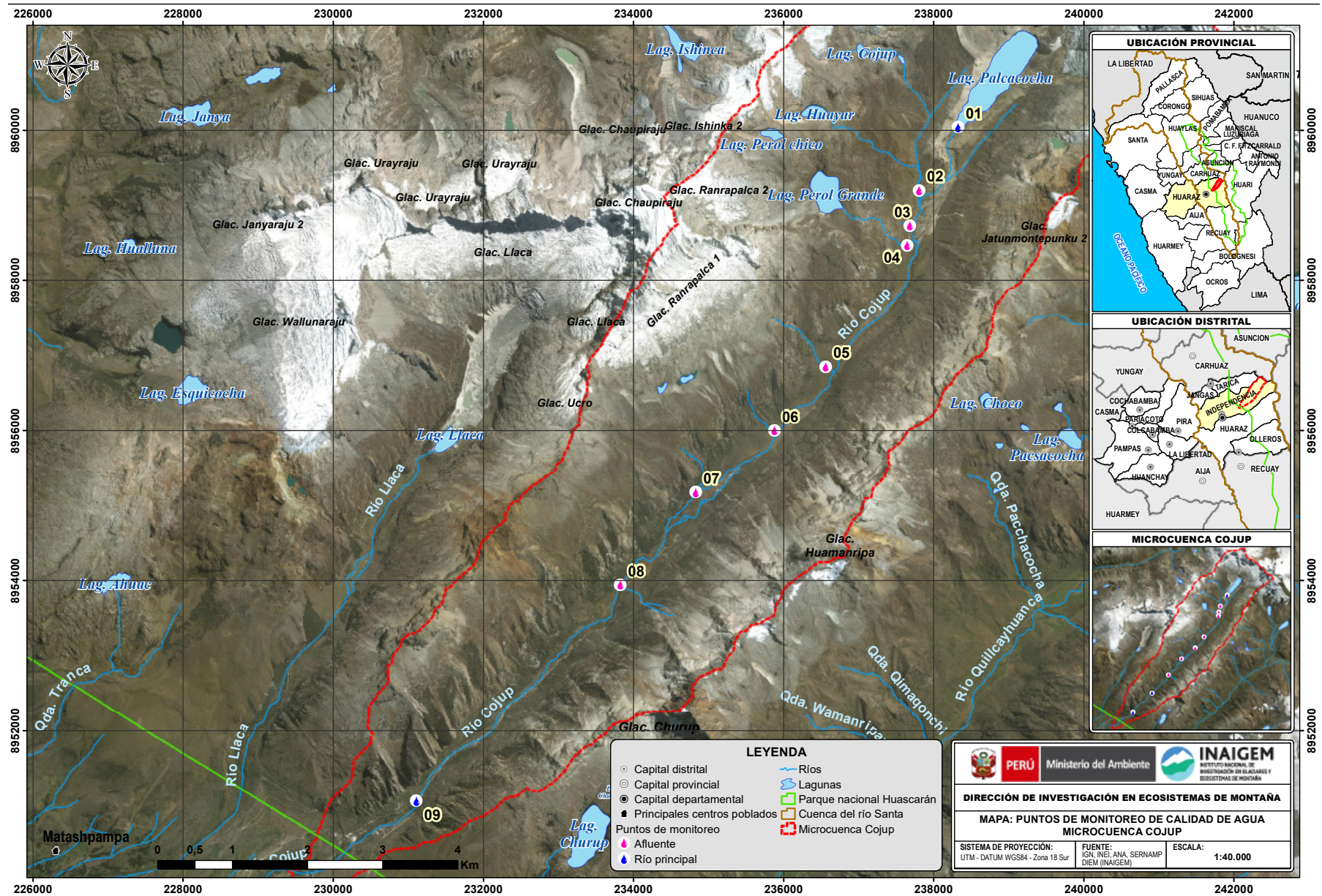
► **Figura 2. Medición de parámetros fisicoquímicos en el punto 16 de la microcuenca Quillcayhuanca**



Fuente: Archivo fotográfico DIEM-INAIGEM

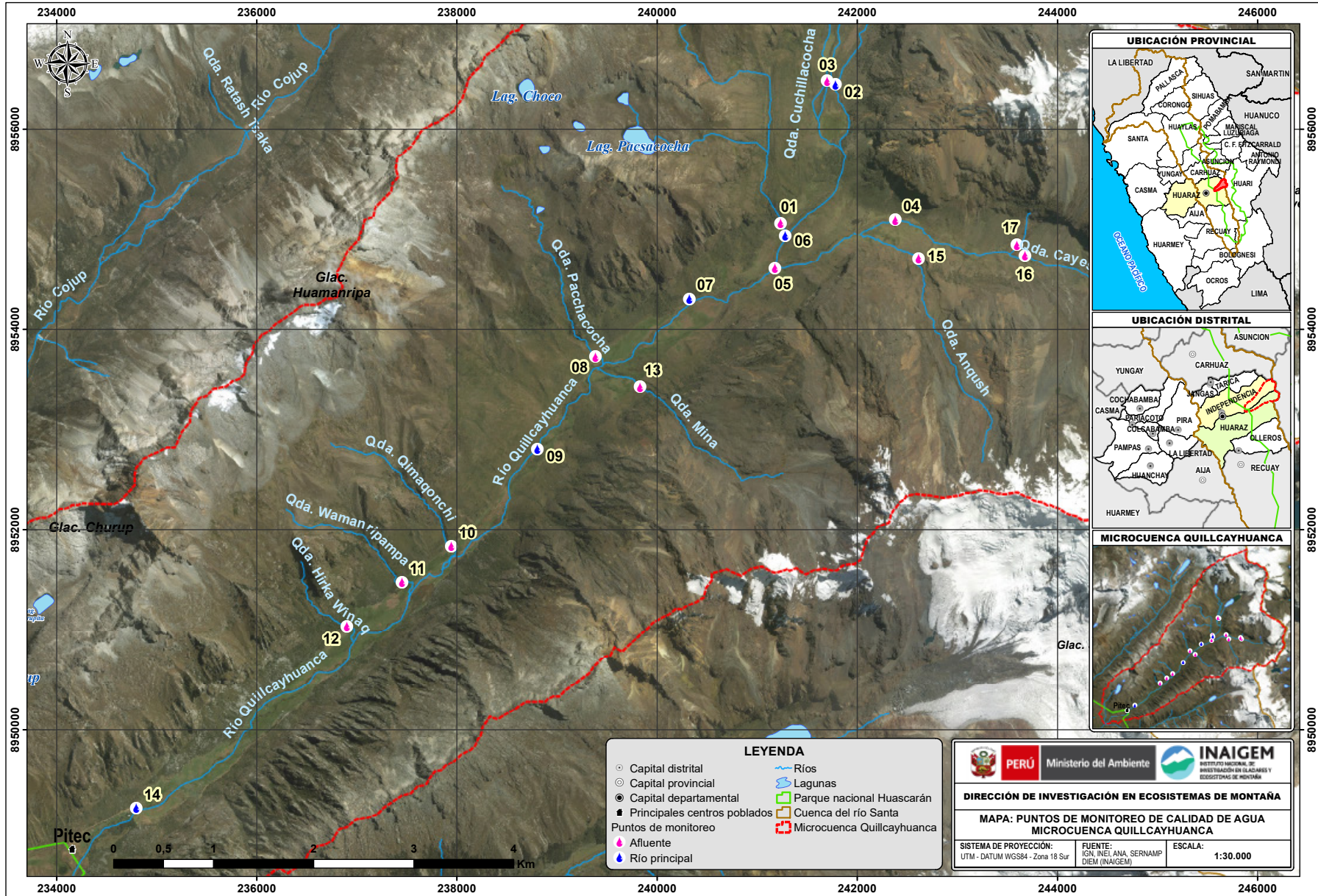
Teniendo en consideración el régimen perenne de los afluentes y el acceso a ellos, se establecieron nueve puntos de monitoreo en la microcuenca de Cojup, diecisiete puntos en la microcuenca Quillcayhuanca y diez puntos en la microcuenca Shallap, todos ellos ubicados en la parte alta de las microcuencas, como se observa en las figuras 3, 4 y 5. Además, la evaluación de la calidad de agua se realizó en el río principal y sus principales afluentes. Se consideraron el régimen perenne y el fácil acceso. Se evaluó la parte alta de la UH, que se encuentra en el Parque Nacional Huascarán (PNH), considerando que los principales factores de alteración se relacionarán con procesos naturales, como la generación de drenaje ácido de roca (DAR) y aguas sulfurosas, entre otras.

► **Figura 3. Mapa de puntos de monitoreo en la microcuenca Cojup**



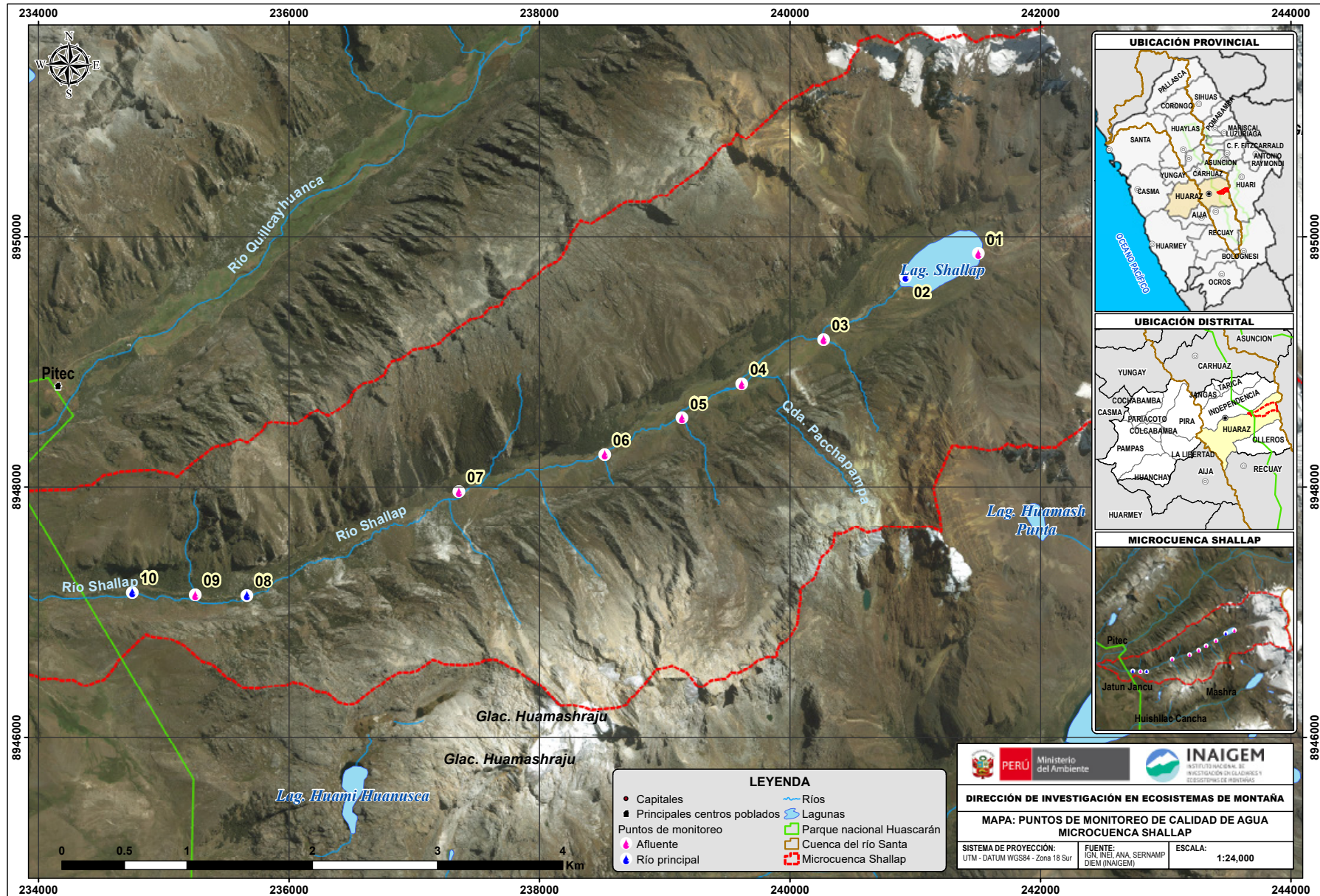
Fuente: Elaboración propia

► Figura 4. Mapa de puntos de monitoreo en la microcuenca Quillcayhuanca



Fuente: Elaboración propia

► Figura 5. Mapa de puntos de monitoreo en la microcuenca Shallap



Fuente: Elaboración propia

2.1. Análisis de laboratorio y gabinete

Las muestras de agua tomadas en cada punto de evaluación fueron analizadas por espectrofotometría UV-Visible o por espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), según el método de análisis empleado por cada laboratorio al cual se enviaron las muestras. De los resultados obtenidos, 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), los cuales son tóxicos. Por ello, era necesario conocer si aquellos superan los niveles establecidos en los ECA para agua. Con los resultados de la serie de tiempo (Cojup 2016-2019, Quillcayhuanca 2015-2021 y Shallap 2016-2021), se calculó la estadística descriptiva de promedio, rango mínimo y máximo, con un intervalo de confianza de la media del 90 por ciento.

► **Figura 6. Toma de muestra de agua en el punto 17 de la microcuenca Quillcayhuanca**



Fuente: Archivo fotográfico DIEM-INAIGEM

A continuación, en la tabla 2 se presenta la frecuencia en la que se desarrolló la evaluación de calidad de agua, los laboratorios donde se realizaron los análisis de metales y el método de análisis utilizado por cada laboratorio.

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

Número de evaluación	Fecha	Laboratorio	Método de análisis	Microcuenca
1	Diciembre de 2015	LCA-Unasam ⁱ	Espectrofotometría	Quillcayhuanca
2	Marzo de 2016	NKAP ⁱⁱ Laboratorios Ambientales	ICP-MS	
3	Julio-agosto de 2016			
4	Octubre-diciembre de 2016			
5	Marzo-abril de 2017	LCA-Unasam	Espectrofotometría	Cojup de Quillcayhuanca y Shallap
6	Junio-julio de 2017			
7	Noviembre de 2017			
8	Marzo-abril de 2018			
9	Julio de 2018			
10	Noviembre de 2018			Shallap
11	Marzo de 2019	SGS del Perú ⁱⁱⁱ	ICP-MS ^{iv}	
12	Setiembre de 2020			
13	Mayo 2021			
14	Agosto-Setiembre de 2021			Quillcayhuanca y Shallap

ⁱ Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (Unasam), ubicado en la ciudad de Huaraz. No está acreditado en los parámetros analizados.

ⁱⁱ NKAP Laboratorios Ambientales, ubicado en la ciudad de Trujillo. Acreditado en todos los parámetros analizados.

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

^{iv} Espectrometría masas por plasma acoplado inductivamente (ICP-MS).

3. RESULTADOS

Los resultados que a continuación se presentan son de las microcuencas Cojup, Quillcayhuanca y Shallap. La información de cada microcuenca se ordena por parámetro evaluado en cada punto de monitoreo, en el cual primero se muestran los resultados de los puntos de monitoreo en el río principal. Se inicia desde la parte alta de la microcuenca, luego se muestran los puntos de los afluentes al río principal. El estudio se realizó en la parte alta de UH Quillcay.

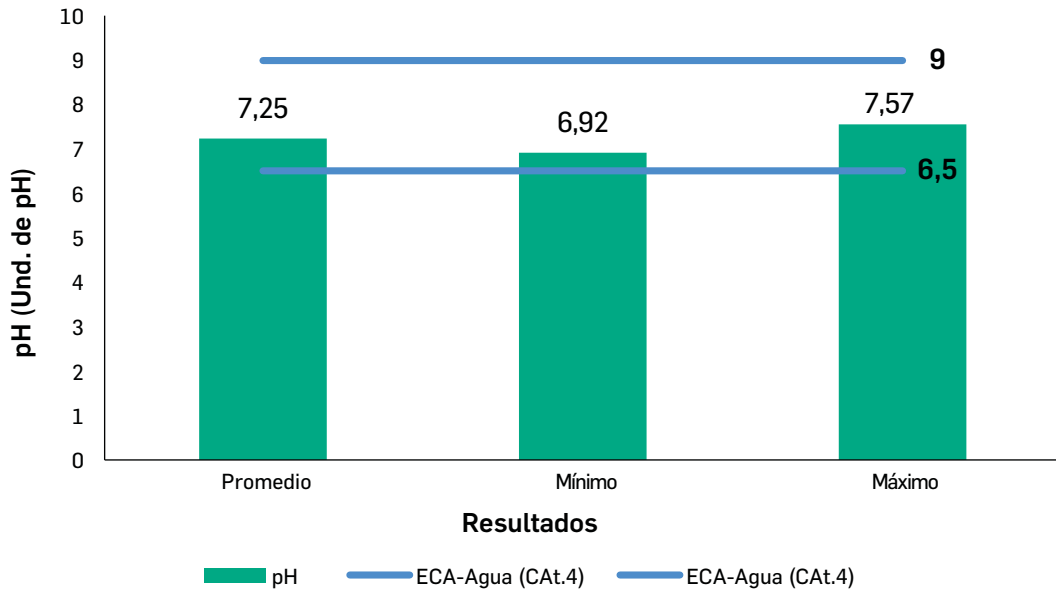
En la tabla 3, se presentan los resultados obtenidos en la microcuenca Cojup, donde se observa el promedio, los valores mínimos y máximos, de los parámetros de pH, conductividad eléctrica (CE) y turbiedad, además de los once metales evaluados: aluminio (Al), arsénico (As), boro (B), cadmio (Cd), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), plomo (Pb), zinc (Zn), cromo (Cr) y mercurio (Hg). Con estos resultados, se observa que todos los puntos para los parámetros monitoreados se encuentran dentro de los valores establecidos en el ECA para agua (categoría 4). Es decir, cumplen con esta categoría que es para aguas de conservación del ambiente acuático.

En las tablas 4 y 5, se presentan los resultados en las microcuencas Quillcayhuanca y Shallap. Como se observa, la microcuenca Quillcayhuanca presenta pH muy ácidos y altas concentraciones de algunos metales como son el hierro, manganeso, plomo y aluminio. Esto puede ser por el fenómeno natural de drenaje ácido de roca (DAR). En el punto 17, en la quebrada Cayesh, hay un afloramiento de un pórfido andesítico, una roca ígnea hipoabisal, la cual presenta en forma diseminada mineral como piritita (FeS_2), calcopiritita (CuFeS_2) y esfalerita (ZnS), asociada mineralógicamente a abundantes óxidos de hierro (INAIGEM, 2018). Estos problemas de acidez y altas concentraciones de metales podrían verse influenciados por el afloramiento del pórfido andesítico.

En la microcuenca Shallap hay indicios de problemas de drenaje ácido de roca (DAR), que necesitan ser confirmados, pues se han encontrado también valores muy bajos de pH y altas concentraciones de metales, como el hierro, manganeso, plomo y zinc, en algunos de los puntos monitoreados. Este problema puede deberse a que en la actualidad los glaciares de la cordillera Blanca están en un continuo derretimiento. Esto permite un aumento en la cantidad de agua y la exposición de rocas volcánicas con minerales sulfurosos, cuya meteorización genera DAR, que remobilizan metales pesados y alteran la calidad del agua. En lo geológico, la cabecera de la microcuenca Shallap está dominada por rocas sedimentarias jurásicas de la Formación Chicama (Js-ch), constituido principalmente por arcillitas y areniscas metamorfizadas. Esta litología podría estar asociada a los pórfidos andesíticos mineralizados, los cuales afectarían naturalmente las aguas superficiales (INAIGEM, 2018).

A continuación, figura 7, se muestra una representación de los resultados de las tablas 3, 4 y 5. Para este ejemplo, se presentan los resultados de pH del punto de monitoreo 1 de la microcuenca Cojup. Como se observa, el valor promedio, mínimo y máximo, está en el rango establecido en el ECA para agua (categoría 4), que es de 6,5 a 9,0. De la misma manera, en las tablas 3, 4 y 5 se presentan los resultados (promedio, mínimo y máximo) comparados con el ECA para agua (categoría 4) para los demás parámetros evaluados.

► **Figura 7. Evaluación del pH en el punto 1 de la microcuenca Cojup (2016-2019)**



Fuente: Elaboración propia

► Tabla 3. Resultados de los parámetros evaluados en la microcuenca Cojup de 2016 a 2019

Zona de estudio	Puntos de monitoreo	pH (unidad de pH)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Turbiedad (NTU)	Aluminio (mg/L)	Arsénico (mg/L)	
		Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	
Microcuenca Cojup	Río principal	1	7,25 (6,92-7,57)	95 (88-102)	3,20 (1,90-4,5)	0,059 (0,039-0,079)	0,0006 (0,0003-0,0009)
		9	7,36 (7,24-7,49)	52 (45-59)	2,35 (1,31-3,39)	0,056 (0,024-0,088)	0,0006 (0,0002-0,0009)
	Afluentes	2	7,46 (7,18-7,74)	44 (33-56)	4,46 (2,59-6,34)	0,078 (0,030-0,125)	0,0006 (0,0003-0,0009)
		3	7,34 (7,11-7,56)	32 (28-37)	1,04 (0,42-1,66)	0,027 (0,013-0,040)	0,0006 (0,0003-0,0009)
		4	7,22 (7,06-7,37)	33 (28-37)	1,53 (0,72-2,35)	0,061 (0,005-0,116)	0,0007 (0,0004-0,001)
		5	7,31 (7,10-7,52)	18 (12-25)	2,24 (1,47-3,01)	0,053 (0,031-0,075)	0,0006 (0,0002-0,0009)
		6	7,24 (7,02-7,47)	20 (15-25)	1,11 (0,53-1,69)	0,068 (0,032-0,104)	0,0006 (0,0003-0,0009)
		7	6,85 (6,72-6,99)	32 (25-39)	1,39 (0,79-1,99)	0,066 (0,009-0,124)	0,0006 (0,0003-0,0009)
8	7,3 (7,13-7,47)	54 (36-72)	2,5 (1,42-3,57)	0,047 (0,017-0,077)	0,0006 (0,0003-0,0009)		
ECA para agua (categoría 4)		6,5-9,0	1000	---	5*	0,15	

* Se tomaron los valores del ECA para agua (categoría 3-D1).

Zona de estudio	Puntos de monitoreo	Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Manganeso(mg/L)	Plomo (mg/L)	
		Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom.(mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	
Microcuenca Cojup	Río principal	1	0,0003 (0,0002-0,0004)	0,0003 (0,0002-0,0004)	0,675 (0,148-1,202)	0,128 (0,091-0,166)	0,0008 (0,0005-0,0012)
		9	0,0002 (0,0001-0,0003)	0,0002 (0,0001-0,0003)	0,307 (0,000-0,625)	0,045 (0,006-0,084)	0,0005 (0,0005-0,0006)
	Afluentes	2	0,0002 (0,0001-0,0004)	0,0002 (0,0001-0,0004)	0,562 (0,055-1,069)	0,055 (0,009-0,102)	0,0007 (0,0004-0,0009)
		3	0,0002 (0,0001-0,0004)	0,0002 (0,0001-0,0004)	0,059 (0,000-0,124)	0,041 (0,000-0,084)	0,0006 (0,0004-0,0007)
		4	0,0003 (0,0001-0,0004)	0,0003 (0,0001-0,0004)	0,333 (0,021-0,646)	0,046 (0,000-0,094)	0,0005 (0,0004-0,0006)
		5	0,0002 (0,0001-0,0003)	0,0002 (0,0001-0,0004)	0,052 (0,000-0,111)	0,002 (0,001-0,003)	0,0005 (0,0004-0,0006)
		6	0,0002 (0,0001-0,0004)	0,0003 (0,0002-0,0004)	0,067 (0,012-0,121)	0,002 (0,001-0,003)	0,0005 (0,0004-0,0006)
		7	0,0002 (0,0001-0,0004)	0,0003 (0,0002-0,0004)	0,134 (0,074-0,195)	0,003 (0,002-0,004)	0,0006 (0,0004-0,0007)
8	0,0002 (0,0001-0,0004)	0,0004 (0,0001-0,0006)	0,114 (0,030-0,198)	0,043 (0,002-0,085)	0,0005 (0,0004-0,0006)		
ECA para agua (categoría 4)		0,01*	0,1	5*	0,2*	0,0025	

* Se tomaron los valores del ECA para agua (categoría 3-D1).

Zona de estudio	Puntos de monitoreo	Zinc (mg/L)	Boro (mg/L)	Cromo (mg/L)	Mercurio (mg/L)
		Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)
Río principal	1	0,014 (0,011-0,017)	0,014 (0,009-0,019)	<0,0004 (0,0003-0,0005)	<0,0006 (0,0003 - 0,0009)
	9	0,007 (0,004-0,010)	0,012 (0,008-0,015)	<0,0004 (0,0003-0,0005)	<0,0005 (0,0002 - 0,0009)
Microcuenca Cojup Afluentes	2	0,009 (0,006-0,012)	0,013 (0,008-0,017)	<0,0004 (0,0003-0,0005)	<0,0006 (0,0003 - 0,0009)
	3	0,006 (0,003-0,010)	0,015 (0,007-0,023)	<0,0004 (0,0003-0,0005)	<0,0006 (0,0003 - 0,0009)
	4	0,007 (0,003-0,010)	0,016 (0,008-0,024)	<0,0004 (0,0004-0,0005)	<0,0007 (0,0003 - 0,0009)
	5	0,005 (0,002-0,008)	0,013 (0,007-0,019)	<0,0004 (0,0003-0,0005)	<0,0005 (0,0002 - 0,0009)
	6	0,006 (0,003-0,008)	0,014 (0,009-0,02)	<0,0004 (0,0003-0,0005)	<0,0006 (0,0003 - 0,0009)
	7	0,006 (0,003-0,009)	0,015 (0,007-0,023)	<0,0004 (0,0003-0,0005)	<0,0006 (0,0003 - 0,0009)
	8	0,007 (0,004-0,010)	0,016 (0,009-0,023)	<0,0004 (0,0003-0,0005)	<0,0006 (0,0003 - 0,0009)
ECA para agua (categoría 4)		0,12	1*	0,1*	0,0001

* Se tomaron los valores del ECA para agua (categoría 3-D1).

► Tabla 4. Resultados de los parámetros evaluados en la microcuenca Quillcayhuanca de 2015 a 2021

Zona de estudio	Puntos de monitoreo	pH (unidad de pH)	Conductividad eléctrica (μS/cm)	Turbiedad (NTU)	Aluminio (mg/L)	Arsénico (mg/L)	
		Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom.(mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	
Microcuenca Quillcayhuanca	Río principal	2	4,18 (3,56-4,81)	261 (192-330)	1,39 (0,75-2,03)	2,990 (0,986-4,994)	0,0011 (0,0002-0,0021)
		6	3,99 (3,51-4,48)	240 (161-320)	2,03 (1,17-2,89)	1,575 (0,902-2,248)	0,0011 (0,0002-0,0021)
		7	3,70 (3,42-3,98)	347 (263-431)	5,26 (1,21-9,32)	2,441 (0,793-4,088)	0,0012 (0,0002-0,0023)
		9	3,70 (3,52-3,88)	308 (238-377)	3,28 (2,70-3,86)	2,140 (1,003-3,276)	0,0010 (0,0002-0,0018)
		14	3,90 (3,71-4,08)	215 (169-262)	3,67 (2,46-4,87)	4,897 (1,306-8,489)	0,0010 (0,0002-0,0018)
	Afluentes	1	6,73 (6,44-7,02)	49 (33-65)	2,02 (1,05-2,99)	0,088 (0,032-0,145)	0,0011 (0,0002-0,0021)
		3	3,77 (3,27-4,27)	377 (281-474)	1,67(1,11-2,23)	2,709 (0,852-4,565)	0,0011 (0,0002-0,0021)
		4	3,53 (3,36-3,70)	517(341-693)	4,31(2,14-6,48)	4,360 (2,426-6,294)	0,0012 (0,0002-0,0023)
		5	3,61 (3,38-3,83)	376(279-472)	8,81 (1,42-16,20)	2,797 (1,165-4,430)	0,0011 (0,0002-0,0021)
		8	6,57 (6,34-6,80)	49 (35-62)	2,48 (0,86-4,10)	0,609 (0,074-1,143)	0,0010 (0,0001-0,0018)
		10	6,76 (6,48-7,03)	45 (35-56)	1,10 (0,63-1,56)	0,309 (0,000-0,674)	0,0018 (0,0010-0,0025)
		11	7,02 (6,80-7,24)	46 (35-57)	1,46(0,69-2,23)	0,476 (0,090-0,862)	0,0017 (0,0009-0,0025)
		12	7,11 (6,92-7,31)	37 (27-46)	0,91(0,64-1,17)	0,670 (0,059-1,287)	0,0010 (0,0001-0,0018)
		13	3,92 (3,74-4,10)	185 (129-240)	1,46(0,67-2,25)	0,986 (0,582-1,390)	0,0010 (0,0002-0,0018)
		15	3,31(3,03-3,60)	902 (386-1418)	2,91(0,71-5,11)	9,074 (4,042-14,105)	0,0014 (0,0003-0,0024)
		16	3,56 (3,42-3,69)	323 (246-401)	6,75(1,87-11,63)	6,551 (4,040-9,063)	0,0015 (0,0005-0,0025)
		17	3,45 (3,03-3,88)	1546 (970-2122)	6,84 (0,00-14,75)	7,818 (4,576-11,060)	0,0035 (0,0013-0,0056)
ECA para agua (categoría 4)		6,5-9,0	1000	---	5*	0,15	

* Se tomaron los valores del ECA para agua (categoría 3-D1).

- El valor promedio, máximo y mínimo, supera el ECA para agua (categoría 4).
- El valor promedio y máximo supera el ECA para agua (categoría 4).
- El valor mínimo no cumple con lo establecido por el ECA para agua (categoría 4).

Zona de estudio	Puntos de monitoreo	Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Plomo (mg/L)
		Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom.(mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)
Río principal	2	0,0018 (0,0000-0,0038)	0,0074 (0,0035-0,0113)	0,9560 (0,3559-1,5561)	0,6795 (0,2831-1,0758)	0,0082 (0,0036-0,0129)
	6	0,0010 (0,0005-0,0015)	0,0094 (0,0051-0,0137)	2,2414 (0,0000-4,6601)	0,8394 (0,5989-1,0798)	0,0042 (0,0005-0,0079)
	7	0,0010 (0,0005-0,0016)	0,0087 (0,0038-0,0136)	4,2478 (0,8420-7,6535)	0,8287 (0,4137-1,2437)	0,0056 (0,0018-0,0093)
	9	0,0020 (0,0000-0,0039)	0,0061 (0,0042-0,0080)	2,4532 (1,2613-3,6451)	0,7576 (0,5015-1,0137)	0,0062 (0,0022-0,0102)
	14	0,0049 (0,0003-0,0095)	0,0061 (0,0037-0,0086)	1,4684 (0,9961-1,9408)	0,7282 (0,5152-0,9411)	0,0089 (0,0041-0,0137)
Microcuenca Quilcayhuanca	1	0,0005 (0,0000-0,0009)	0,0026 (0,0012-0,0041)	0,0730 (0,0498-0,0961)	0,0093 (0,0008-0,0177)	0,0005 (0,0004-0,0006)
	3	0,0020 (0,0000-0,0045)	0,0077 (0,0044-0,0110)	1,8315 (1,1538-2,5092)	0,8023 (0,5725-1,0322)	0,0007 (0,0005-0,0008)
	4	0,0029 (0,0000-0,0059)	0,0130 (0,0000-0,0274)	6,4327 (3,0932-9,7722)	0,9992 (0,6826-1,3158)	0,0101 (0,0045-0,0156)
	5	0,0010 (0,0005-0,0015)	0,0050 (0,0030-0,0070)	6,5296 (1,5863-11,4729)	0,8819 (0,4428-1,3211)	0,0059 (0,0020-0,0098)
	8	0,0005 (0,0001-0,0008)	0,0035 (0,0007-0,0064)	0,7084 (0,1556-1,2612)	0,0101 (0,0024-0,0178)	0,0021 (0,0008-0,0034)
	10	0,0004 (0,0000-0,0008)	0,0026 (0,0008-0,0044)	0,2737 (0,0000-0,6436)	0,007 (0,000-0,014)	0,0016 (0,0004-0,0028)
	11	0,0004 (0,0000-0,0008)	0,0019 (0,0003-0,0035)	0,6303 (0,0000-1,3132)	0,035 (0,000-0,084)	0,0008 (0,0003-0,0014)
	12	0,0005 (0,0001-0,0009)	0,0053 (0,0015-0,0090)	0,2586 (0,0650-0,4522)	0,014 (0,000-0,035)	0,0006 (0,0006-0,0006)
	13	0,0028 (0,0004-0,0052)	0,0131 (0,0017-0,0246)	0,2314 (0,0952-0,3676)	0,262 (0,082-0,442)	0,0006 (0,0006-0,0007)
	15	0,0059 (0,0005-0,0114)	0,0116 (0,0023-0,0209)	76,0745 (5,3620-146,7870)	2,283 (0,342-4,224)	0,0007 (0,0005-0,0009)
	16	0,0085 (0,0000-0,0169)	0,0031 (0,0012-0,0050)	95,5540 (0,0000-218,0603)	3,884 (0,214-7,554)	0,0122 (0,0064-0,0180)
	17	0,0064 (0,0000-0,0137)	0,0034 (0,0013-0,0054)	161,270 (40,235-282,305)	7,020 (2,266-11,774)	0,0114 (0,0062-0,0166)
ECA para agua (categoría 4)		0,01*	0,1	5*	0,2*	0,0025

* Se tomaron los valores del ECA para agua (categoría 3-D1).

● El valor promedio, máximo y mínimo, supera el ECA para agua (categoría 4).

● El valor promedio y máximo supera el ECA para agua (categoría 4).

Zona de estudio	Puntos de monitoreo	Zinc (mg/L)		Boro (mg/L)		Cromo (mg/L)		Mercurio (mg/L)		
		Prom. (mín.-máx.)		Prom. (mín.-máx.)		Prom. (mín.-máx.)		Prom. (mín.-máx.)		
Río principal	2	0,6468	(0,1849-1,1087)	0,0107	(0,0019-0,0195)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0007	(0,0004-0,0009)	
	6	0,1934	(0,1349-0,2520)	0,0111	(0,0044-0,0178)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0007	(0,0004-0,0009)	
	7	0,3054	(0,0952-0,5155)	0,0104	(0,0070-0,0139)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0007	(0,0005-0,0009)	
	9	0,1810	(0,1154-0,2466)	0,0076	(0,0052-0,0100)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0007	(0,0004-0,0009)	
	14	0,9775	(0,2412-1,7138)	0,0088	(0,0044-0,0133)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0007	(0,0004-0,0009)	
Microcuenca Quiltcayhuanca	Afluentes	1	0,0652	(0,0178-0,1126)	0,0119	(0,0010-0,0228)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0007	(0,0004-0,0009)
		3	0,6245	(0,2078-1,0413)	0,0119	(0,0010-0,0228)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0007	(0,0004-0,0009)
		4	0,7577	(0,2436-1,2717)	0,0082	(0,0036-0,0128)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0007	(0,0005-0,0009)
		5	0,2210	(0,1056-0,3363)	0,0082	(0,0030-0,0134)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0007	(0,0004-0,0009)
		8	0,0858	(0,0187-0,1529)	0,0083	(0,0048-0,0118)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0006	(0,0004-0,0009)
		10	0,0630	(0,0166-0,1094)	0,0085	(0,0055-0,0116)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0006	(0,0004-0,0009)
		11	0,0638	(0,0154-0,1123)	0,0076	(0,0055-0,0098)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0006	(0,0004-0,0009)
		12	0,0836	(0,0171-0,1500)	0,0144	(0,0045-0,0242)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0006	(0,0004-0,0009)
		13	0,2269	(0,0274-0,4265)	0,0098	(0,0042-0,0153)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0007	(0,0004-0,0009)
		15	1,8231	(0,7539-2,8922)	0,0068	(0,0015-0,0121)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0006	(0,0004-0,0009)
		16	1,0965	(0,6274-1,5656)	0,0038	(0,0025-0,0051)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0006	(0,0004-0,0009)
		17	1,1570	(0,6373-1,6766)	0,0071	(0,0012-0,0130)	<0,0006	(0,0003-0,0009)	<0,0006	(0,0004-0,0009)
ECA para agua (categoría 4)		0,12		1*		0,1*		0,0001		

* Se tomaron los valores del ECA para agua (categoría 3-D1).

● El valor promedio, máximo y mínimo, supera el ECA para agua (categoría 4).

● El valor promedio y máximo supera el ECA para agua (categoría 4).

► Tabla 5. Resultados de los parámetros evaluados en la microcuenca Shallap de 2016 a 2021.

Zona de estudio	Puntos de monitoreo	pH (unidad de pH)	Conductividad eléctrica (μS/cm)	Turbiedad (NTU)	Aluminio (mg/L)	Arsénico (mg/L)	
		Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	
Microcuenca Shallap	Río principal	2	3,42 (3,31-3,53)	288 (226-349)	7,27 (6,15-8,39)	3,905 (3,408-4,402)	0,0005 (0,0002-0,0007)
		8	3,75 (3,57-3,92)	169 (133-205)	3,34 (1,09-5,58)	2,941 (2,283-3,599)	0,0007 (0,0004-0,0010)
		10	3,96 (3,75-4,17)	155 (110-200)	2,98 (1,61-4,36)	2,322 (1,739-2,905)	0,0006 (0,0003-0,0008)
	Afluentes	1	3,57 (3,45-3,68)	446 (295-597)	43,17 (30,76-55,59)	7,830 (4,952-10,707)	0,0037 (0,0021-0,0053)
		3	5,45 (5,13 -5,77)	42 (24-61)	0,64 (0,40-0,87)	1,043 (0,452-1,633)	0,0009 (0,0003-0,0016)
		4	6,17 (5,97-6,36)	67 (51-83)	0,94 (0,65-1,23)	0,064 (0,024-0,104)	0,0010 (0,0005-0,0015)
		5	6,74 (6,55-6,93)	28 (16-41)	1,01 (0,70-1,33)	0,060 (0,027-0,093)	0,0007 (0,0003-0,0011)
		6	6,99 (6,79-7,19)	33 (24-41)	1,24 (0,93-1,54)	0,069 (0,039-0,100)	0,0011 (0,0006-0,0016)
		7	6,69 (6,51-6,86)	58 (41-74)	0,48 (0,30-0,65)	0,047 (0,027-0,067)	0,0006 (0,0003-0,0010)
9	6,44 (6,21-6,66)	65 (48-83)	0,45 (0,19-0,71)	0,016 (0,005-0,027)	0,0010 (0,0004-0,0016)		
ECA para agua (categoría 4)		6,5-9,0	1000	---	5*	0,15	

* Se tomaron los valores del ECA para agua (categoría 3-D1).

● El valor promedio, máximo y mínimo, supera el ECA para agua (categoría 4).

● El valor promedio y máximo supera el ECA para agua (categoría 4).

Zona de estudio	Puntos de monitoreo	Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Plomo (mg/L)
		Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)
Río principal	2	0,0011 (0,0009-0,0012)	0,0051 (0,0043-0,0058)	1,643 (1,048-2,238)	0,769 (0,663-0,874)	0,0069 (0,0057-0,0082)
	8	0,0009 (0,0008-0,0010)	0,0041 (0,0033-0,0049)	0,770 (0,453-1,087)	0,532 (0,441-0,622)	0,0060 (0,0037-0,0082)
	10	0,0008 (0,0007-0,0009)	0,0032 (0,0027-0,0038)	0,568 (0,407-0,729)	0,450 (0,338-0,563)	0,0056 (0,0029-0,0082)
Afluentes	1	0,0014 (0,0011-0,0018)	0,0057 (0,0051-0,0064)	16,114 (6,462-25,766)	1,504 (0,939-2,069)	0,0110 (0,0067-0,0152)
	3	0,0004 (0,0003-0,0006)	0,0025 (0,0016-0,0033)	0,188 (0,024-0,352)	0,189 (0,028-0,351)	0,0006 (0,0006-0,0006)
	4	0,0003 (0,0003-0,0004)	0,0004 (0,0002-0,0006)	0,062 (0,015-0,108)	0,004 (0,002-0,006)	0,0006 (0,0006-0,0006)
	5	0,0002 (0,0001-0,0004)	0,0004 (0,0002-0,0006)	0,155 (0,007-0,223)	0,002 (0,001-0,003)	0,0006 (0,0006-0,0006)
	6	0,0002 (0,0001-0,0004)	0,0008 (0,0000-0,0017)	0,033 (0,014-0,051)	0,002 (0,001-0,003)	0,0006 (0,0006-0,0006)
	7	0,0002 (0,0001-0,0003)	0,0004 (0,0002-0,0006)	0,010 (0,007-0,012)	0,005 (0,002-0,007)	0,0006 (0,0006-0,0006)
	9	0,0002 (0,0001-0,0003)	0,0005 (0,0001-0,0009)	0,014 (0,003-0,025)	0,001 (0,0004-0,001)	0,0006 (0,0006-0,0006)
ECA para agua (categoría 4)		0,01*	0,1	5*	0,2*	0,0025

* Se tomaron los valores del ECA para agua (categoría 3-D1).

● El valor promedio, máximo y mínimo, supera el ECA para agua (categoría 4).

Zona de estudio	Puntos de monitoreo	Zinc (mg/L)	Boro (mg/L)	Cromo (mg/L)	Mercurio (mg/L)
		Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)
Río principal	2	0,303 (0,251-0,355)	0,0045 (0,0035-0,0055)	<0,0004 (0,0003-0,0004)	<0,0005 (0,0002-0,0007)
	8	0,200 (0,173-0,227)	0,0035 (0,0021-0,0049)	<0,0004 (0,0004-0,0005)	<0,0007 (0,0003-0,0007)
	10	0,171 (0,134-0,207)	0,0046 (0,0036-0,0056)	<0,0004 (0,0003-0,0004)	<0,0005 (0,0002-0,0007)
Afluentes	1	0,537 (0,338-0,736)	0,0042 (0,0030-0,0053)	<0,0004 (0,0003-0,0004)	<0,0005 (0,0002-0,0008)
	3	0,068 (0,025-0,110)	0,0055 (0,0046-0,0064)	<0,0004 (0,0003-0,0004)	<0,0005 (0,0002-0,0007)
	4	0,009 (0,005-0,013)	0,0060 (0,0055-0,0065)	<0,0004 (0,0003-0,0004)	<0,0005 (0,0002-0,0007)
	5	0,002 (0,002-0,003)	0,0053 (0,0047-0,0060)	<0,0004 (0,0003-0,0004)	<0,0005 (0,0002-0,0007)
	6	0,002 (0,002-0,003)	0,0064 (0,0047-0,0082)	<0,0004 (0,0003-0,0004)	<0,0005 (0,0002-0,0007)
	7	0,012 (0,008-0,016)	0,0063 (0,0053-0,0073)	<0,0004 (0,0003-0,0004)	<0,0005 (0,0002-0,0007)
	9	0,005 (0,002-0,008)	0,0060 (0,0051-0,0069)	<0,0004 (0,0003-0,0004)	<0,0005 (0,0002-0,0007)
ECA para agua (categoría 4)		0,12	1*	0,1*	0,0001

* Se tomaron los valores del ECA para agua (categoría 3-D1).

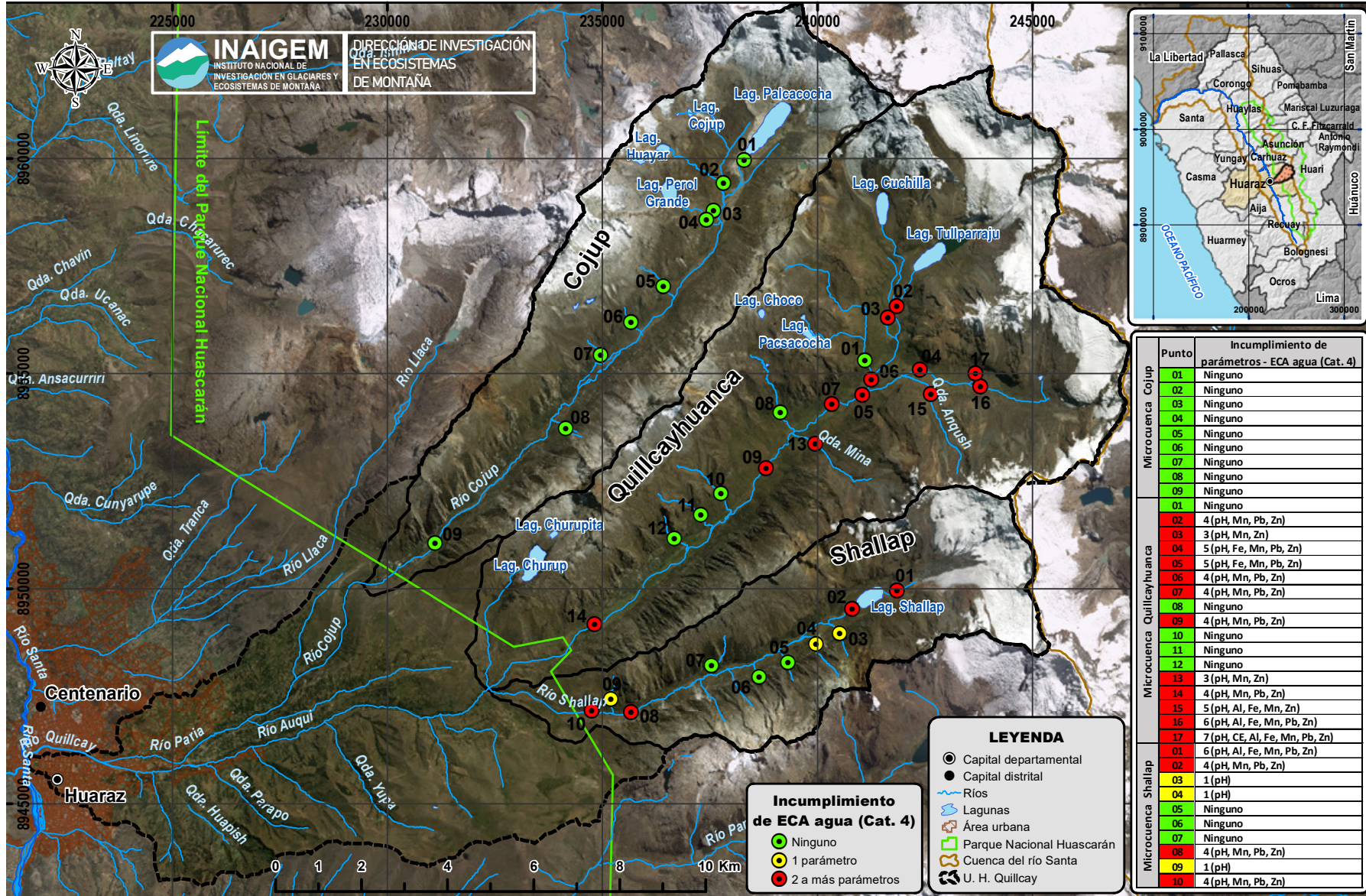
● El valor promedio, máximo y mínimo, supera el ECA para agua (categoría 4).

3.1. Mapa de resultados en la Unidad Hidrográfica (UH) Quillcay

A continuación, en la figura 8 se presentan los resultados en los parámetros evaluados en cada punto de monitoreo en la UH Quillcay, comparados con el ECA para agua (categoría 4). El color verde indica que no supera ningún parámetro; el color amarillo, que supera un parámetro y el color rojo, que supera dos a más parámetros.

En la figura 8, se presenta el mapa de calidad de agua (tipo semáforo), basado en parámetros fisicoquímicos y metales totales. Se observa que todos los puntos monitoreados de la microcuenca Cojup son de color verde, lo que significa que los parámetros evaluados se encuentran dentro del ECA para agua (categoría 4). Es decir, las aguas son de buena calidad para la conservación del ambiente acuático. En cuanto a la microcuenca Quillcayhuanca, se observan los puntos rojos y amarillos, que indican mala calidad, pues se encontraron pH ácidos y altas concentraciones de metales, como aluminio (Al), hierro (Fe), manganeso (Mn), plomo (Pb) y zinc (Zn). En la microcuenca Shallap, se observan puntos amarillos y rojos, lo que significa que la calidad del agua es mala, pues hay principalmente problemas de acidez, manganeso (Mn), hierro (Fe), plomo (Pb) y zinc (Zn).

► Figura 8. Mapa de resultados en las microcuencas Cojup, Quillcayhuanca y Shallap



Fuente: Elaboración propia

3.2. Evaluación de la última estación de monitoreo

En esta sección se presentan los resultados de la evaluación del último punto de estudio de las microcuencas Cojup (tablas 6, 7 y 8), Quillcayhuanca (tablas 9, 10 y 11) y Shallap (tablas 12, 13 y 14). Se presenta el valor promedio, mínimo y máximo, de los parámetros evaluados (parámetros fisicoquímicos y once metales), comparados con el ECA para agua (categoría 3), que es para uso de «riego de vegetales». Es decir, de no superar los valores establecidos, estas aguas pueden ser utilizadas para el riego de los cultivos vegetales. Además, se usó el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo 031-2010-SA), para comparar con valores más estrictos.

En primer lugar, en la microcuenca Cojup, según los resultados en el último punto de monitoreo (punto 10) evaluado de 2016 a 2019, todos los parámetros están en el rango establecido por el ECA para agua (categoría 3) y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo 031-2010-SA). Estos están muy por debajo de la normativa mencionada. Es decir, estas aguas pueden ser utilizadas para el riego de los cultivos vegetales y para el consumo humano previo tratamiento.

►Tabla 6. Resultados de los parámetros evaluados en el punto 10 de monitoreo de la microcuenca Cojup (pH, conductividad eléctrica, turbiedad, aluminio y arsénico)

Zona de estudio: Microcuenca Cojup	pH (unidad de pH)	Conductividad eléctrica (μ S/cm)	Turbiedad (NTU)	Aluminio (mg/L)	Arsénico (mg/L)
	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)
Punto 10	7,36 (7,24-7,49)	52 (45-59)	2,35 (1,31-3,39)	0,056 (0,024-0,088)	0,0006 (0,0002-0,0009)
ECA (categoría 3)	6,5-8,5	2.500	---	5	0,1
Decreto Supremo 031-2010-SA	6,5-8,5	1.500	5	0,2	0,010

►Tabla 7. Resultados de los parámetros evaluados en el punto 10 de monitoreo de la microcuenca Cojup (cadmio, cobre, hierro, manganeso y plomo)

Zona de estudio: Microcuenca Cojup	Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Plomo (mg/L)
	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)
Punto 10	0,0002 (0,0001-0,0003)	0,0002 (0,0001-0,0004)	0,307 (0,000-0,625)	0,045 (0,006-0,084)	0,0005 (0,0005-0,0006)
ECA (categoría 3)	0,01	0,2	5	0,2	0,05
Decreto Supremo 031-2010-SA	0,003	2,0	0,3	0,4	0,010

► Tabla 8. Resultados de los parámetros evaluados en el punto 10 de monitoreo de la microcuenca Cojup (zinc, boro, cromo y mercurio)

Zona de estudio: Microcuenca Cojup	Zinc (mg/L) Prom. (mín.-máx.)	Boro (mg/L) Prom. (mín.-máx.)	Cromo (mg/L) Prom. (mín.-máx.)	Mercurio (mg/L) Prom. (mín.-máx.)
Punto 10	0,007 (0,004-0,010)	0,012 (0,008-0,015)	0,0004 (0,0003-0,0005)	<0,0005 (0,0002-0,0009)
ECA (categoría 3)	2	1	0,1	0,001
Decreto Supremo 031-2010-SA	3,0	1,5	0,05	0,001

En segundo lugar, en la microcuenca Quillcayhuanca, según los resultados obtenidos en el último punto de monitoreo (punto 14) evaluado de 2015 a 2021, los valores promedio, máximo y mínimo de pH y los valores promedio y máximo de los parámetros hierro, manganeso y los valores máximos de aluminio y cadmio, superan el rango establecido por el ECA para agua (categoría 3). Por ejemplo, el manganeso es 3,6 veces mayor a lo establecido (Mn = 0,2 mg/L).

Para el caso del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo 031-2010-SA), en la microcuenca Quillcayhuanca, hay también valores muy por encima de la normativa. Por ejemplo, el promedio del aluminio es 24,5 veces mayor a lo establecido (Al = 0,2 mg/L), del hierro es 4,9 veces mayor a lo establecido (Fe = 0,3 mg/L), del manganeso es 1,8 veces mayor a lo establecido (Mn = 0,4 mg/L). Es decir, estas aguas no pueden ser utilizadas para el riego de los cultivos vegetales ni para el consumo de la población.

► Tabla 9. Resultados de los parámetros evaluados en el punto 14 de la microcuenca Quillcayhuanca (pH, conductividad eléctrica, turbiedad, aluminio y arsénico)

Zona de estudio: Microcuenca Quillcayhuanca	pH (unidad de pH) Prom. (mín.-máx.)	Conductividad eléctrica (µS/ cm) Prom. (mín.-máx.)	Turbiedad (NTU) Prom. (mín.-máx.)	Aluminio (mg/L) Prom. (mín.-máx.)	Arsénico (mg/L) Prom. (mín.-máx.)
Punto 14	3,90 (3,71-4,08)	215 (169-262)	3,67 (2,46-4,87)	4,897 (1,306-8,489)	0,0010 (0,0002-0,0018)
ECA (categoría 3)	6,5-8,5	2.500	---	5	0,1
Decreto Supremo 031-2010-SA	6,5-8,5	1.500	5	0,2	0,010

- El valor promedio, máximo y mínimo, supera el ECA para agua (categoría 3) y/o Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
- El valor promedio y máximo supera el ECA para agua (categoría 3) y/o el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

► Tabla 10. Resultados de los parámetros evaluados en el punto 14 de la microcuenca Quillcayhuanca (cadmio, cobre, hierro, manganeso y plomo)

Zona de estudio: Microcuenca Quillcayhuanca	Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Plomo (mg/L)
	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)
Punto 14	0,0049 (0,0003-0,0095)	0,0061 (0,0037-0,0086)	1,4684 (0,9961-1,9408)	0,7282 (0,5152-0,9411)	0,0089 (0,0041-0,0137)
ECA (categoría 3)	0,01	0,2	5	0,2	0,05
Decreto Supremo 031-2010-SA	0,003	2,0	0,3	0,4	0,010

- El valor promedio, máximo y mínimo, supera el ECA para agua (categoría 3) y/o Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
- El valor promedio y máximo supera el ECA para agua (categoría 3) y/o el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

► Tabla 11. Resultados de los parámetros evaluados en el punto 14 de la microcuenca Quillcayhuanca (zinc, boro, cromo y mercurio)

Zona de estudio: Microcuenca Quillcayhuanca	Zinc (mg/L)	Boro (mg/L)	Cromo (mg/L)	Mercurio (mg/L)
	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)
Punto 14	0,9775 (0,2412-1,7138)	0,0088 (0,0044-0,0133)	0,0006 (0,0003-0,0008)	<0,0007 (0,0004-0,0009)
ECA (categoría 3)	2	1	0,1	0,001
Decreto Supremo 031-2010-SA	3,0	1,5	0,05	0,001

En tercer lugar, en la microcuenca Shallap, según los resultados obtenidos en el último punto de monitoreo (punto 10) evaluado de 2016 a 2021, los valores promedios, mínimos y máximos de los parámetros de pH y manganeso superan el rango establecido por el ECA para agua (categoría 3). Por ejemplo, el promedio del manganeso es 2,3 veces mayor al establecido (Mn = 0,2 mg/L). Los parámetros de pH, hierro y manganeso (máximo) superan el valor estipulado en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo 031-2010-SA). Están por encima de la normativa. Por ejemplo, la concentración promedio del hierro es aproximadamente dos veces mayor a lo establecido (Fe = 0,3 mg/L), la concentración máxima del manganeso es 1,4 veces mayor a lo establecido (Mn = 0,4 mg/L). Es decir, estas aguas no pueden ser utilizadas para el riego de los cultivos vegetales ni para consumo de la población.

► Tabla 12. Resultados de los parámetros evaluados en el punto 10 de monitoreo de la microcuenca Shallap (pH, conductividad eléctrica, turbiedad, aluminio y arsénico)

Zona de estudio: Microcuenca Shallap	pH (unidad de pH)	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Turbiedad (NTU)	Aluminio (mg/L)	Arsénico (mg/L)
	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)
Punto 10	3,96 (3,75-4,17)	155 (110-200)	2,98 (1,61-4,36)	2,322 (1,739-2,905)	0,0006 (0,0003-0,0008)
ECA (categoría 3)	6,5-8,5	2.500	---	5	0,1
Decreto Supremo 031-2010-SA	6,5-8,5	1.500	5	0,2	0,010

● El valor promedio, máximo y mínimo, supera el ECA para agua (categoría 3) y/o el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

► Tabla 13. Resultados de los parámetros evaluados en el punto 10 de monitoreo de la microcuenca Shallap (cadmio, cobre, hierro, manganeso y plomo)

Zona de estudio: Microcuenca Shallap	Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Plomo (mg/L)
	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)
Punto 10	0,0008 (0,0007-0,0009)	0,0032 (0,0027-0,0038)	0,568 (0,407-0,729)	0,450 (0,338-0,563)	0,0056 (0,0029-0,0082)
ECA (categoría 3)	0,01	0,2	5	0,2	0,05
Decreto Supremo 031-2010-SA	0,003	2,0	0,3	0,4	0,010

● El valor promedio, máximo y mínimo, supera el ECA para agua (categoría 3) y/o el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

● El valor promedio y máximo supera el ECA para agua (categoría 3) y/o el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

► Tabla 14. Resultados de los parámetros evaluados en el punto 10 de monitoreo de la microcuenca Shallap (zinc, boro, cromo y mercurio)

Zona de estudio: Microcuenca Shallap	Zinc (mg/L)	Boro (mg/L)	Cromo (mg/L)	Mercurio (mg/L)
	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)	Prom. (mín.-máx.)
Punto 10	0,171 (0,134-0,207)	0,0046 (0,0036-0,0056)	0,0004 (0,0003-0,0004)	<0,0005 (0,0002-0,0007)
ECA (categoría 3)	2	1	0,1	0,001
Decreto Supremo 031-2010-SA	3,0	1,5	0,05	0,001

CONCLUSIONES

Durante el periodo de evaluación (2016-2019) en la microcuenca Cojup, se observó que los parámetros evaluados en el río principal y afluentes se encuentran en los rangos establecidos por la normativa para agua. La vigilancia de esta microcuenca es de gran importancia, pues la principal fuente de abastecimiento de agua apta para el consumo de los habitantes de la ciudad de Huaraz.

El punto de evaluación 17 (quebrada Cayesh) de la microcuenca Quillcayhuanca es el que presenta mayores problemas tanto de acidez como de altas concentraciones de metales (aluminio, hierro, manganeso, plomo y zinc). Esta condición podría deberse al retroceso glaciar que ha dejado expuesta la roca que predomina en esta área (pórfido andesítico), lo que explicaría las altas concentraciones de estos metales.

Los resultados del punto final evaluado en las microcuencas Quillcayhuanca y Shallap presentan aguas de mala calidad, son ácidas y con concentración promedio o máxima superior a los límites establecidos en el ECA para agua (categoría 3) y en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del Ministerio de Salud (Minsa). Los metales (concentración promedio o máxima) que son superiores a los límites establecidos por la normativa son hierro y manganeso.

Los resultados muestran que todos los puntos evaluados, en el río principal de las microcuencas Quillcayhuanca y Shallap, son de mala calidad, presentan pH bajos (aguas ácidas) y algunos de los metales evaluados, como manganeso, plomo y zinc, presentan altas concentraciones fuera de las normas.

En la microcuenca Shallap, se encontró que en tres puntos evaluados (puntos afluentes 5, 6 y 7) el pH se encuentra dentro del rango establecido por la normativa para aguas de conservación. Sin embargo, las concentraciones de plomo en el río principal superan el ECA para agua (categoría 4). Además, presenta indicios de generación de drenaje ácido de roca (DAR), como se refleja en los resultados, el agua en el río principal y afluentes en su mayoría es ácida, tiene presencia de metales y no hay una fuente antrópica, producido por la actividad humana, que pueda estar generando este problema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- OSORIO, N. W.** (2012). «pH del suelo y disponibilidad de nutrientes». *Manejo Integral Del Suelo y Nutrición Vegetal*, número 1(4), páginas 4-7. http://www.walterosorio.net/web/sites/default/files/documentos/pdf/1_4_pH_del_suelo_y_nutrientes_0.pdf
- EGIEBOR, N. O. y ONI, B.** (2007). «Acid Rock Drainage Formation and Treatment: A Review». *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, número 17, páginas 47-62. <https://doi.org/10.1002/apj>
- INAIGEM** (2018). «Inventario Nacional de Glaciares-Las Cordilleras Glaciares del Perú». Año 3, número 5, diciembre. [en línea]. Huaraz. Disponible en: www.inaigem.gob.pe/wp-content/uploads/2019/04/INVENTARIO-NACIONAL-DE-GLACIARES-.LAS-CORDILLERAS-GLACIARES-DEL-PERU.pdf.
- JACOBS, J. A.; LEHR, J. A. Y. H. y TESTA, S. M.** (2014). «Acid Mine Drainage, Rock Drainage, and Acid Sulfate Soils». En: *Acid Mine Drainage, Rock Drainage, and Acid Sulfate Soils*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, Nueva Jersey. <https://doi.org/10.1002/9781118749197>.
- LOAYZA MURO, R. A.; DUIVENVOORDEN, J. F.; KRAAK, M. H. S. y ADMIRAAL, W.** (2014). «Metal Leaching, Acidity, and Altitude Confine Benthic Macroinvertebrate Community Composition in Andean Streams». *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33(2), páginas 404-411.
- REYES NOLASCO, A. W.** (2018). «Contaminación por metales pesados de aguas y suelos en la microcuenca Quilcayhuanca; su relación con la litología y el contexto del cambio climático». Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, 6(11), 180. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2381>.

ANEXOS

Anexo 1: Ubicación de los puntos de evaluación de la microcuenca Cojup

► Tabla 15. Ubicación y descripción de los puntos de evaluación de la microcuenca Cojup

Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud	Descripción
	Este	Norte		
1	238324	8960041	4.582	100 metros aguas abajo de la descarga de la laguna Palcacocha, cerca de la estación de monitoreo hidrológico del INAIGEM.
2	237808	8959200	4.437	Quebrada Ichikpallqa, cuyo origen es la laguna Huayar y cuya descarga son las aguas en la margen derecha del río Cojup.
3	237683	8958730	4.426	Quebrada formada por el proceso de fusión glaciar. Su descarga son las aguas en la margen derecha del río Cojup.
4	237649	8958469	4.395	Quebrada Perolcocha, que nace en la laguna Perol Grande y cuya descarga son las aguas en la margen derecha del río Cojup.
5	236560	8956850	4.319	Quebrada Wamanpinta Punta, cuya descarga son las aguas en la margen derecha del río Cojup.
6	235879	8956000	4.233	Quebrada Ratash Tsaka, cuya descarga son las aguas en la margen derecha del río Cojup.
7	234828	8955175	4.191	Quebrada Ranrapallqa, cuya descarga son las aguas en la margen derecha del río Cojup, aproximadamente a 300 metros del puente.
8	233825	8953945	4.137	Quebrada de régimen estacional, cuya descarga son las aguas en la margen izquierda del río Cojup.
10	231108	8951060	3.834	Puente Cojup, a 50 metros aproximadamente aguas debajo de la portada de la quebrada Cojup.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Ubicación de los puntos de monitoreo de la microcuenca Quillcayhuanca

► Tabla 16. Ubicación y descripción de los puntos de evaluación de la microcuenca Quillcayhuanca.

Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud	Descripción
	Este	Norte		
1	241232	8955057	4.066	Quebrada Pallqa, que nace de la confluencia de flujos de agua generados por la precipitación y cuya descarga son las aguas en el margen derecho del río Cuchillacocha.
2	241757	8956460	4.181	Río Tullpacocha, aguas abajo del punto descarga de la laguna Tullparaju.
3	241699	8956482	4.181	Río Cuchillacocha, aguas abajo del punto descarga de la laguna Cuchillacocha.
4	242382	8955094	4.137	Río Cayesh, aguas abajo del punto de confluencia de los puntos de monitoreo QUI-AG-16 y QUI-AG-17.
5	241174	8954638	4.050	Río Cayesh, aguas debajo de la unión de las dos quebradas cuchillacocha y cayesh.
6	241270	8954965	4.053	Río Cuchillacocha, aguas abajo la confluencia de los puntos de monitoreo QUI-AG-01, QUI-AG-02 Y QUI-AG-03.
7	240323	8954306	4.005	Río Quillcayhuanca, aguas abajo de la confluencia de los ríos Cuchillacocha y Cayesh.
8	239384	8953727	3.988	Quebrada Pacchacocha, cuya descarga son las aguas en la margen derecha del Río Quillcayhuanca.
9	238805	8952803	3.918	Río Quillcayhuanca, a 50 metros aguas arriba de la estación hidrométrica de la ANA.
10	237943	8951835	3.906	Quebrada Qimaqonchi, cuya descarga son las aguas en la margen derecha del río Quillcayhuanca.
11	237450	8951474	3.884	Quebrada Wamanripampa, cuya descarga son las aguas en la margen derecha del río Quillcayhuanca.
12	236899	8951032	3.882	Quebrada Hirka Winaq, cuya descarga son las aguas en la margen derecha del río Quillcayhuanca.
13	239831	8953424	3.964	Quebrada Mina, cuya descarga son las aguas en la margen izquierda del río Quillcayhuanca. Cruzando el río principal, es una catarata.
14	234796	8949217	3.846	Río Quillcayhuanca, a 20 metros aguas arriba de la portada de Quillcayhuanca.
15	242676	8954762	4.182	Quebrada Anqush, cuya descarga son las aguas en la margen izquierda del río Cayesh.
16	243677	8954734	4.219	Quebrada formada por el proceso de fusión glaciar y precipitación, cuya descarga son las aguas en la margen izquierda del río Cayesh. Se halla aguas arriba de la desembocadura del punto 17.
17	243595	8954844	4.224	Río Cayesh, confluencia de las aguas del proceso de fusión glaciar y precipitación, cerca del nevado.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Ubicación de los puntos de monitoreo de la microcuenca Shallap

► Tabla 17. Ubicación y descripción de los puntos de evaluación de la microcuenca Shallap.

Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud	Descripción
	Este	Norte		
1	240924	8949681	4.284	Afluente a la laguna Shallap, producto de la fusión con el glaciar Shallap.
2	241504	8949865	4.284	Río Shallap, descarga de la laguna Shallap.
3	240270	8949178	4.201	Quebrada Qimarumipampa, cuya descarga son las aguas en la margen izquierda del río Shallap.
4	239616	8948822	4.150	Quebrada Pacchapampa, cuya descarga son las aguas en la margen izquierda del río Shallap.
5	239138	8948550	4.134	Quebrada Qoshtu Punta, cuya descarga son las aguas en la margen izquierda del río Shallap.
6	238521	8948259	4.114	Quebrada Aqusha, cuya descarga son las aguas en la margen izquierda del río Shallap.
7	237368	8947925	4.081	Quebrada Wallpapachakin, cuya descarga son las aguas en la margen derecha del río Shallap.
8	235663	8947135	3.875	Río Shallap, 100 metros aguas arriba de la captación para el canal Shallap-Huapish Tocla.
9	235251	8947139	3.970	Quebrada Tsampa Tsaka, cuya descarga son las aguas en la margen derecha del río Shallap.
10	234748	8947157	3.932	Río Shallap, portada de la quebrada Shallap (puente).

Fuente: Elaboración propia

Sede central:

Av. Centenario 2656 - Sector Palmira,
Independencia, Huaraz - Ancash - Perú

Central telefónica: (043) 643-460

www.gob.pe/inaigem



INAIGEM

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA