

CALIDAD DE AGUA EN SITIOS CON DRENAJE ÁCIDO DE ROCA (DATOS SALLAP Y QUILLCAYHUANCA)

Información general

La Cordillera Blanca forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona norte del Perú, es uno de los activos naturales más importante del país por contener la mayor reserva de agua dulce sólida como líquida del Perú, además de cientos de lagunas de origen glaciar que se han formado a lo largo del tiempo. La cordillera Blanca cubre una superficie glaciar total de 448.81 km² al 2016, que incluye un área glaciar cubierto de escombros, con 22.97 km², un área glaciar libre de detritos o escombros, y un área cubierta de 425.84 km². En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016), el área glaciar disminuyó en 277.45 km², observándose que la mayor reducción glaciar se produjo en los últimos 13 años (2003-2016), que corresponderían a 78.81 km², esta tendencia muestra una tasa de retroceso glaciar de 4.97 km²/año, a este ritmo y bajo las condiciones climáticas actuales los glaciares desaparecerían el 2111 (INAIGEM, 2018). El retroceso glaciar deja roca expuesta mineralizada que, al entrar en contacto con el aire y el agua está produciendo una oxidación incontrolada de los minerales de sulfuro expuestos, lo que resulta en la acidificación de las aguas superficiales (Nordstrom & Southam 1997). Al mismo tiempo, el pH bajo facilita la solubilidad del metal en el agua, particularmente en los metales catiónicos y, por lo tanto, el agua ácida tiende a tener altas concentraciones de metales pesados (Johnson & Hallberg, 2003).

El drenaje ácido de roca (DAR) es un evento natural y complejo (Jacobs et al., 2014), se puede generar por la oxidación de diferentes tipos de roca siendo una de la más comunes las rocas ricas en sulfuro, estas se oxidan al estar expuestas a la atmósfera por procesos naturales o antropogénicos, lo cual da por resultado la producción de acidez, sulfatos y la disolución de metales, principalmente hierro, manganeso y aluminio; este proceso puede resultar en una contaminación de los recursos de aguas superficiales, subterráneas y los suelos por donde discurre el drenaje (Xu et al. 2013; Reyes Nolasco, 2018).

La generación de DAR libera diferentes compuestos químicos, como el ácido sulfúrico, y solubiliza cantidades importantes de metales pesados, reduciendo el valor del pH del agua, llegando a valores entre 1,5 a 5 (Jacobs et al., 2014). En algunos casos, la presencia del ión férrico (Fe³⁺) se evidencia por la coloración café rojiza, cuando se presenta de ión ferroso (Fe²⁺) se observa un color azul verdoso.

El retroceso glaciar tendrá consecuencias negativas sobre la disponibilidad del agua considerando que los ríos de la vertiente occidental incrementan su caudal durante el período de lluvias (diciembre-abril) mientras que para el período de estiaje (mayo-noviembre) buena parte del caudal depende del escurrimiento por infiltración de las zonas altas o por la fusión del hielo de los glaciares. Por ejemplo, aproximadamente el 40% del caudal del río Santa en período de estiaje proviene del deshielo de los glaciares (Reyes Nolasco, 2018). El deshielo además deja expuestas a la intemperie rocas mineralizadas, lo que favorece su oxidación y lixiviación, produciendo DAR y movilización de metales (aluminio, hierro, cromo, cadmio, manganeso, arsénico, etc.) hacia los cuerpos de agua (Loayza-Muro et al., 2014).

La disponibilidad de agua de calidad es una condición indispensable y de mayor importancia, puesto que ésta condiciona la calidad de vida. En este sentido el monitoreo constante de las diferentes fuentes de agua es una estrategia para poder determinar acciones de intervención para proteger las mismas. Además, el mantenimiento de la calidad de agua y la preservación de sus usos requiere del conocimiento de su variabilidad temporal y espacial para poder caracterizar la situación ambiental reinante y su posible evolución. Las características de los sistemas acuáticos reflejan no sólo el impacto de la polución a escala local y regional, sino también el cambio global del ambiente, además de ser uno de los factores imperativos del desarrollo sustentable (Meybeck, 1996).

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 donde se conoce que hay problemas de generación de drenaje ácido de roca, esto contribuye con el desarrollo de investigaciones científicas sobre los impactos y vulnerabilidad frente al cambio climático de los sistemas naturales en el ámbito de los ecosistemas de montaña.

Zona de estudio: Unidad Hidrográfica Quillcay

Una de las principales unidades hidrográficas (UH) aportantes a la cuenca del río Santa es la UH Quillcay. En ella se encuentran las microcuencas Cojup, Quillcayhuanca y Shallap, ubicadas en la provincia de Huaraz, capital del departamento de Áncash. 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.

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.

Trabajos realizados

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). Se 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. Los resultados obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 4, correspondiente a la conservación del ambiente acuático.

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.

Resultados

Los resultados obtenidos en la microcuenca Cojup, muestran que todos los puntos para los parámetros monitoreados se encuentran dentro de los valores establecidos en el ECA para agua

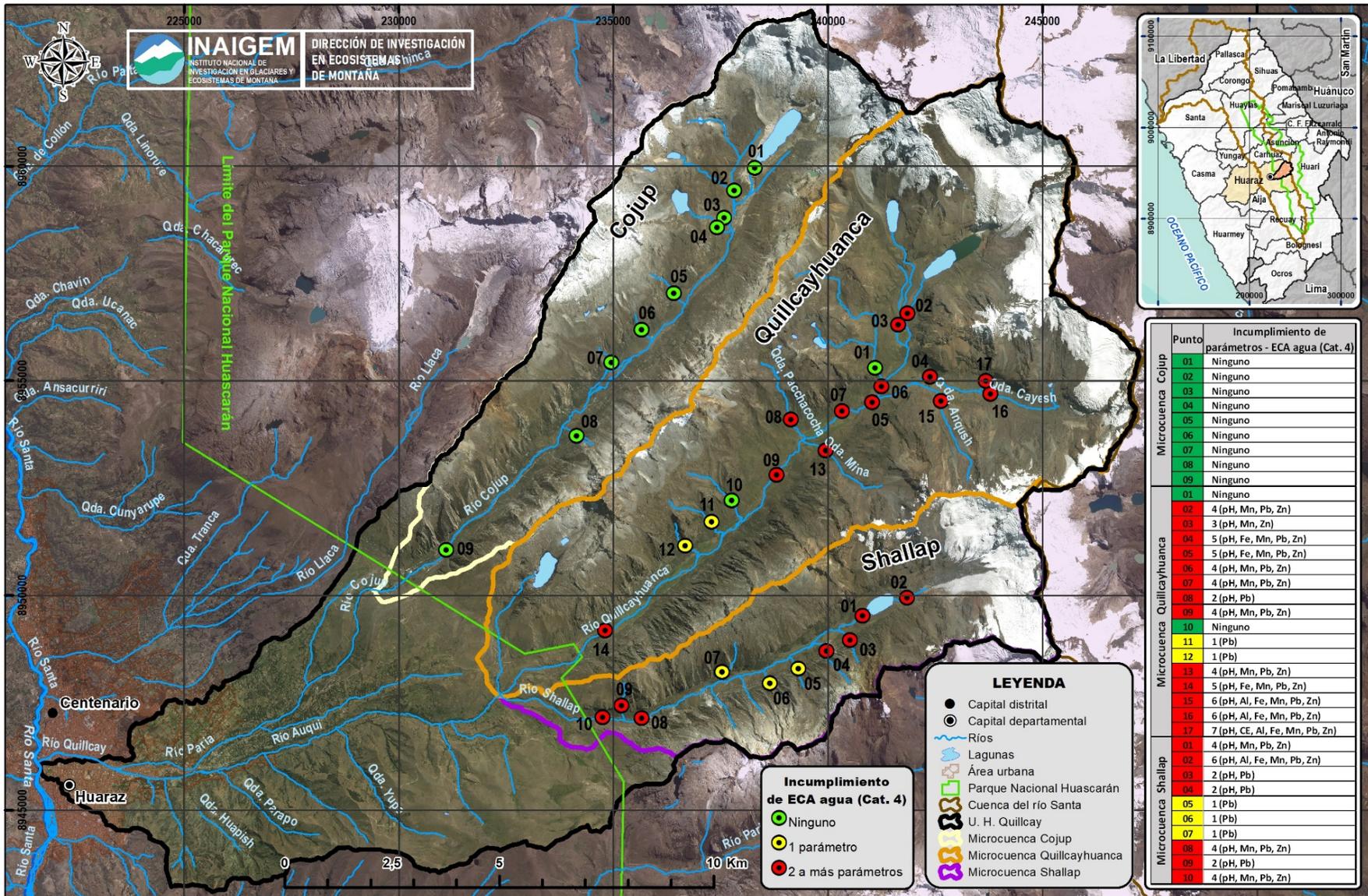
(categoría 4). Es decir, cumplen con esta categoría que es para aguas de conservación del ambiente acuático.

Los resultados en la microcuenca Quillcayhuanca nos muestra que 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 pirita (FeS_2), calcopirita (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 removilizan 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).

Yeidy Montano Chávez, Especialista ambiental, INAIGEM

11/2021



INAIGEM
 INSTITUTO NACIONAL DE
 INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
 ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
 EN ECOSISTEMAS DE MONTAÑA**



Punto	Incumplimiento de parámetros - ECA agua (Cat. 4)
Cojup	
01	Ninguno
02	Ninguno
03	Ninguno
04	Ninguno
05	Ninguno
06	Ninguno
07	Ninguno
08	Ninguno
09	Ninguno
Microcuenca Quillcayhuanca	
01	Ninguno
02	4 (pH, Mn, Pb, Zn)
03	3 (pH, Mn, Zn)
04	5 (pH, Fe, Mn, Pb, Zn)
05	5 (pH, Fe, Mn, Pb, Zn)
06	4 (pH, Mn, Pb, Zn)
07	4 (pH, Mn, Pb, Zn)
08	2 (pH, Pb)
09	4 (pH, Mn, Pb, Zn)
10	Ninguno
11	1 (Pb)
12	1 (Pb)
13	4 (pH, Mn, Pb, Zn)
14	5 (pH, Fe, Mn, Pb, Zn)
15	6 (pH, Al, Fe, Mn, Pb, Zn)
16	6 (pH, Al, Fe, Mn, Pb, Zn)
17	7 (pH, CE, Al, Fe, Mn, Pb, Zn)
Microcuenca Shallap	
01	4 (pH, Mn, Pb, Zn)
02	6 (pH, Al, Fe, Mn, Pb, Zn)
03	2 (pH, Pb)
04	2 (pH, Pb)
05	1 (Pb)
06	1 (Pb)
07	1 (Pb)
08	4 (pH, Mn, Pb, Zn)
09	2 (pH, Pb)
10	4 (pH, Mn, Pb, Zn)

LEYENDA

- Capital distrital
- Capital departamental
- ~ Ríos
- ~ Lagunas
- Área urbana
- Parque Nacional Huascarán
- Cuenca del río Santa
- U. H. Quillcay
- Microcuenca Cojup
- Microcuenca Quillcayhuanca
- Microcuenca Shallap

Incumplimiento de ECA agua (Cat. 4)

- Ninguno
- 1 parámetro
- 2 a más parámetros

Conclusiones

- 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 se debe 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 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 hierro y manganeso, presentan altas concentraciones fuera de las normas.

Referencias Bibliográficas

- INAIGEM (2018), "Inventario Nacional de Glaciares: Las cordilleras glaciares del Perú. Huaraz, Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montana" (INAIGEM).
- Jacobs, J. A., Lehr, J. A. Y. H., & Testa, S. M. (2014). Acid Mine Drainage, Rock Drainage, and Acid Sulfate Soils. In *Acid Mine Drainage, Rock Drainage, and Acid Sulfate Soils*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. <https://doi.org/10.1002/9781118749197>
- Johnson BD, Hallberg KB (2003), "The microbiology of acidic mine waters. *Res Microbiol* 154:466–473
- Loayza-Muro, R. A., Duivenvoorden, J. F., Kraak, M. H. S., & Admiraal, W. (2014). Metal leaching, acidity, and altitude confine benthic macroinvertebrate community composition in Andean streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33(2), 404–411.
- Nordstrom DK, Southam G., (1997) "Geomicrobiology of sulphide mineral oxidation. In: Banfield JF, Nealson KH (eds) *Geomicrobiology: interactions between microbes and minerals*", vol 35. Mineralogical Society of America, Washington DC, pp 361–390
- Meybeck, M. H., (2006). "Global changes in aquatic systems and their interrelations with human health". *Interactions between Global Change and Human Health*, 51.
- 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; Huaraz Ancash Perú 2014-2015" (Tesis doctoral). Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo.
- Xu, W., Li, L.Y., Grace, J.R. y Hébrard, G., (2013). "Applied Clay Science Acid rock drainage treatment by clinoptilolite with slurry bubble column: Sustainable zinc removal with regeneration of clinoptilolite". *Applied Clay Science* [en línea], vol. 80-81, pp. 31-37. ISSN 0169-1317.