



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

Estudio paleolimnológico muestra evidencias del inicio del drenaje ácido de roca en la laguna Shallap, Ancash, Perú

Pedro M. Tapia^{1,2}, Rodrigo Narro³, Luzmila Dávila¹, Ibeth Rojas^{1,4}, María Gracia Bustamante¹

¹INAIGEM- Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, Jr. Juan Bautista Mejía 887, Huaraz, Ancash, Perú. E-mail: ptapia@inaigem.gob.pe

²Universidad Peruana Cayetano Heredia, Programa de Maestría en Ciencias del Mar

³McMaster University, School of Earth, Environment & Society, Ontario, Canadá

⁴Universidad Nacional Agraria La Molina, Programa de Doctorado en Recursos Hídricos

ABSTRACT

We report preliminary analysis results on four shallow cores sediment taken from Laguna Shallap, Ancash, Peru. Both sedimentological and elemental analysis of S, Fe, and Pb, might indicate that the beginning of Rock Acid Drainage could be taken place a few hundred years ago.

These results reinforce a working hypothesis that current deglaciation rates will increase acid waters in the Cordillera Blanca in the next several decades, having great negative effects into the composition, function, and integrity of several mountain ecosystems as well as the drinking water and livelihood of Andean populations.

Key words: Laguna Shallap, paleolimnology, rock acid drainage, core sediments, element analysis.

INTRODUCCIÓN

La paleolimnología es una rama de la paleontología que nos permite evidenciar los potenciales cambios físico, químico, geológico y biológico que ocurren en los ecosistemas acuáticos lénticos en un período de tiempo decadal a milenial. Conocer el inicio, intensidad y extensión de contaminantes en sedimentos de los lagos altoandinos para proponer estrategias de remediación es un claro ejemplo de la aplicabilidad en las ciencias ambientales, especialmente en Geología Ambiental.

El drenaje ácido de roca (DAR) es un evento natural y complejo (Jacobs et al., 2014) que interrelaciona las rocas con minerales sulfurados (pirita FeS₂, calcopirita CuFeS₂, bornita Cu₅FeS₄, Calcosina Cu₂S, marcasita FeS₂, pirrotita Fe₁₋₂XS, arsenopirita FeAsS, enargita Cu₃AsS₄) expuestas en superficie con la meteorización y reacciones bioquímicas en presencia de agua y oxígeno (Egiebor & Oni, 2007). Este proceso implica la formación de aguas ácidas (bajo pH), lo que a su vez lixivia (disuelve) diferentes metales pesados (Duffus, 2003) (Cr, Mn, Ni, Co, Cu, Zn, Pb, As, Cd, Hg) de las rocas y las transporta hacia diversos cuerpos de agua. El derretimiento acelerado de los glaciares Andinos tiene consecuencias negativas en la disponibilidad del agua y producción de DAR, movilizándolo metales pesados valle abajo contaminando ríos, lagos y afectando los medios de vida de las poblaciones andinas (Loayza-Muro et al., 2014).

El presente trabajo reporta la descripción de los sedimentos en cuatro testigos extraídos de la Laguna Shallap, Ancash, Perú, los resultados de S, Fe y Pb provenientes de los mismos; exponer los impactos ambientales a los sistemas ecológico y social en los Andes, así como dar recomendaciones de trabajos futuros.

MATERIALES Y METODOS

Materiales

En el 2019, un grupo de investigadores en glaciares del INAIGEM que incluía a 2 de los co-autores (LD, IR) colectaron 4 muestras de testigos de la parte suroeste de la Laguna Shallap (9° S, 4200

msnm), Cordillera Blanca, Ancash, Perú, usando un bote inflable y un sacatestigo universal (Universal corer), a una profundidad de ~35-m. Estos testigos tienen un rango de longitud entre 38.5 a 51-cm y corresponden a las muestras SGL-1, SGL-2, SGL-3 y SGL-5 (Fig. 1).

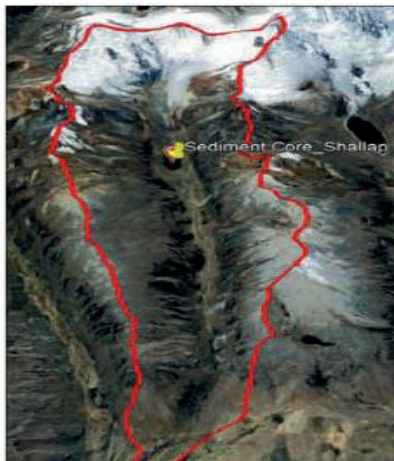
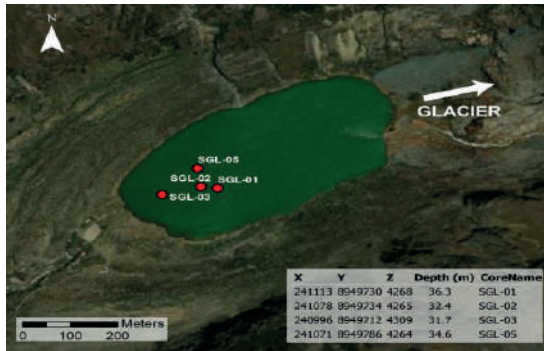


Fig. 1. Ubicación de la Laguna Shallap (9° S) en la Cordillera Blanca, Ancash, Perú. Los testigos están ordenados de izquierda a derecha: SGL-1,

Metodos

Las secciones de trabajo de estos cuatro testigos fueron enviadas al McMaster University donde fueron descritas y luego los sedimentos fueron escaneados en el McMaster Core Scanning Facility (MUCSF) con un iTRAX XRF-CS usando el tubo Mo a una resolución de 500 μm y un tiempo de exposición de 15 segundos, para los elementos de Pb, S y Fe.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción sedimentológica:

Según el registro sedimentológico se nota 2 grupos de testigos: uno de tipo laminar (SGL-1, SGL-5), con 2 colores de sedimentos predominantes, el amarillo-naranja y gris; y un segundo grupo de testigos (SGL-2, SGL-3) que contiene gravas incrustadas en una matriz masiva (Fig. 2)

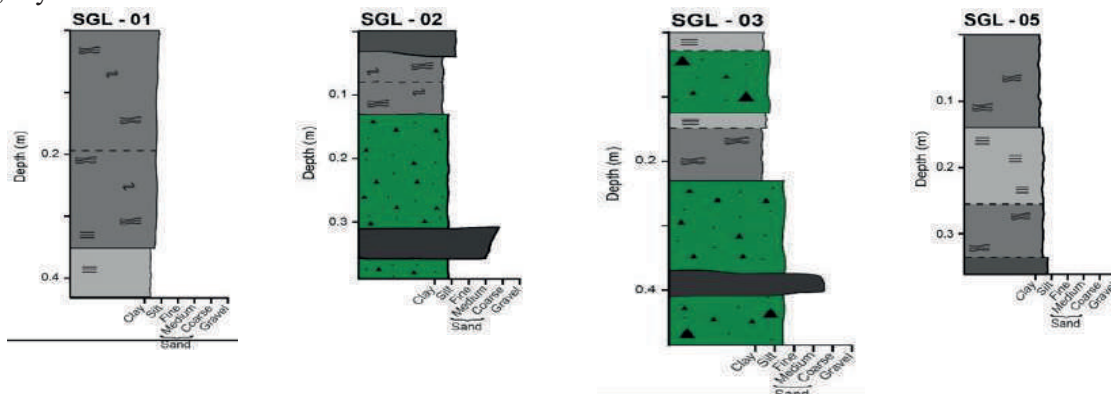


Figura 2: Esquema de los perfiles sedimentológicos de los cuatro testigos de la Laguna Shallap.

SGL-01. Este testigo tiene una longitud de ~45 cm; los 8 cm basales presentan sedimentos finos limo-arcilloso, rítmicamente laminado con grosores de láminas de 1 a 3 mm, mayormente gris y con las laminaciones adelgazándose hacia la parte superior. Los sedimentos continúan en contacto gradacional hacia los 37 cm superior del testigo, con una constitución arcillo-limosa, la cual presenta laminaciones más delgadas y un cambio de coloración de gris a naranja, las laminaciones se hacen más onduladas. Se observan 2 pequeñas fallas a los 7 y 27 cm de profundidad y sedimentos deformes.

SGL-02. Con una longitud de ~40 cm este testigo, los 25.5 cm basales es un diamicton masivo, de matriz limo-arcilloso de color gris con clastos angulares a subangulares de diorita, granito y clastos de arena media hasta 4.5 cm de longitud, la mayoría de los clastos con un tamaño entre 0.5-1.0 cm de longitud. Los siguientes 10 cm de sedimentos cambian con un contacto brusco hacia sedimentos laminares rítmicos a algo deformados de 1-3 mm de espesor de color naranja, con pequeñas fallas, constituidos de limo y arcilla de color gris. Los 4.5 cm superiores son de limo masivo de color anaranjado.

SGL-03. El testigo presenta una longitud de ~50 cm de longitud; los 28 cm basales es un diamicton masivo, de matriz limo-arcilloso de color gris con clastos angulares a subangulares de diorita, granito y clastos de arena media hasta 5 cm de longitud, la mayoría de los clastos con un tamaño entre 0.5-1.0 cm de longitud de color oscuro. Los sedimentos continúan con un contacto gradacional hacia los siguientes 10 cm superior del testigo, la cual es una limo-arcilla mayormente masiva, con algunas laminaciones deformadas de color anaranjado. Luego continúan otros 10 cm de diamicton masivo, de matriz arcillo-limoso de color gris con clastos subangulares de diorita y arena gruesa hasta 2 cm de longitud. Los últimos 2 cm es una arcilla limosa de color naranja con débiles laminaciones deformes.

SGL-05. Este testigo tiene una longitud de ~36 cm; los 2.5 cm basales presentan sedimentos finos limo-arcilloso, masivo de color gris. Los siguientes 19.5 cm superior, está conformado por sedimentos limo-arcilloso, rítmicamente bandeado y laminado de color gris y anaranjado, con grosores de láminas delgadas (hasta 1 mm grosor) en los 8 cm inferior que hacia la parte superior bandea-

da (mm-0.5 cm). Los sedimentos continúan en contacto gradacional hacia los 14 cm superior del testigo, la cual está constituida por sedimentos arcillo-limosos, con laminaciones y bandas rítmicas gris a naranja brillante, más deformadas y onduladas.

Análisis elementales:

Los análisis geoquímicos preliminares de Plomo, Azufre y Hierro (Fig. 3a, b), indican primero que los análisis de los testigos SGL-1, 2 y 5 contienen cantidades suficientes para hacer inferencias ambientales y que probablemente hubo una falla técnica en la lectura en el testigo SGL-3 para no registrar este segmento. Debido a las cantidades de plomo, la datación con ^{210}Pb es factible, mientras que el cambio abrupto en los valores de los niveles de fondo (de 2 a 4 veces) en S y Fe, expresados en la parte basal de color gris en los testigos a los sedimentos anaranjados, pueden indicar el impacto de la acidificación y removilización de metales hacia la cuenca sedimentaria. Estos grandes picos indican un impacto en el ecosistema, siendo el S y el Fe constituyentes de los minerales de sulfato que pueden haberse lixiviado en las inmediaciones de las rocas de la laguna.

La interpretación del proceso que se registra en los sedimentos y su geoquímica es posible de esquematizar. Una vez que ocurre el deshielo, bloques de hielo con sedimentos gruesos entrampados en él cayeron al lago y se distribuyó de forma heterogénea, formando sedimentos masivos o diamicticos con grandes gravas. Este es un momento previo en el lago proglaciar donde las aguas oligotróficas, de bajo contenido de metales en el ambiente, fue interrumpido por el desprendimiento y miniavalanchas. Al proceso físico, le sigue el proceso químico. Con el paso del tiempo y al quedarse descubierto las rocas de la Fm. Santa con cuerpos de minerales sulfurosos al ambiente, la oxidación y acarreo de aguas superficiales ácidas hacia el lago gatilló que metales pesados fueran transportados a la cuenca se depositen, notándose un cambio de coloración gris a amarillo-naranja en los sedimentos sino también en el contenido de metales pesados en la parte superior de los testigos.

Para determinar el impacto hacia las comunidades hidrobiológicas se necesita hacer estudios detallados de diatomeas, así como el impacto hacia las poblaciones andinas que lo usa como agua potable y en el desarrollo de sus medios de vida, para luego proponer medidas de remediación.

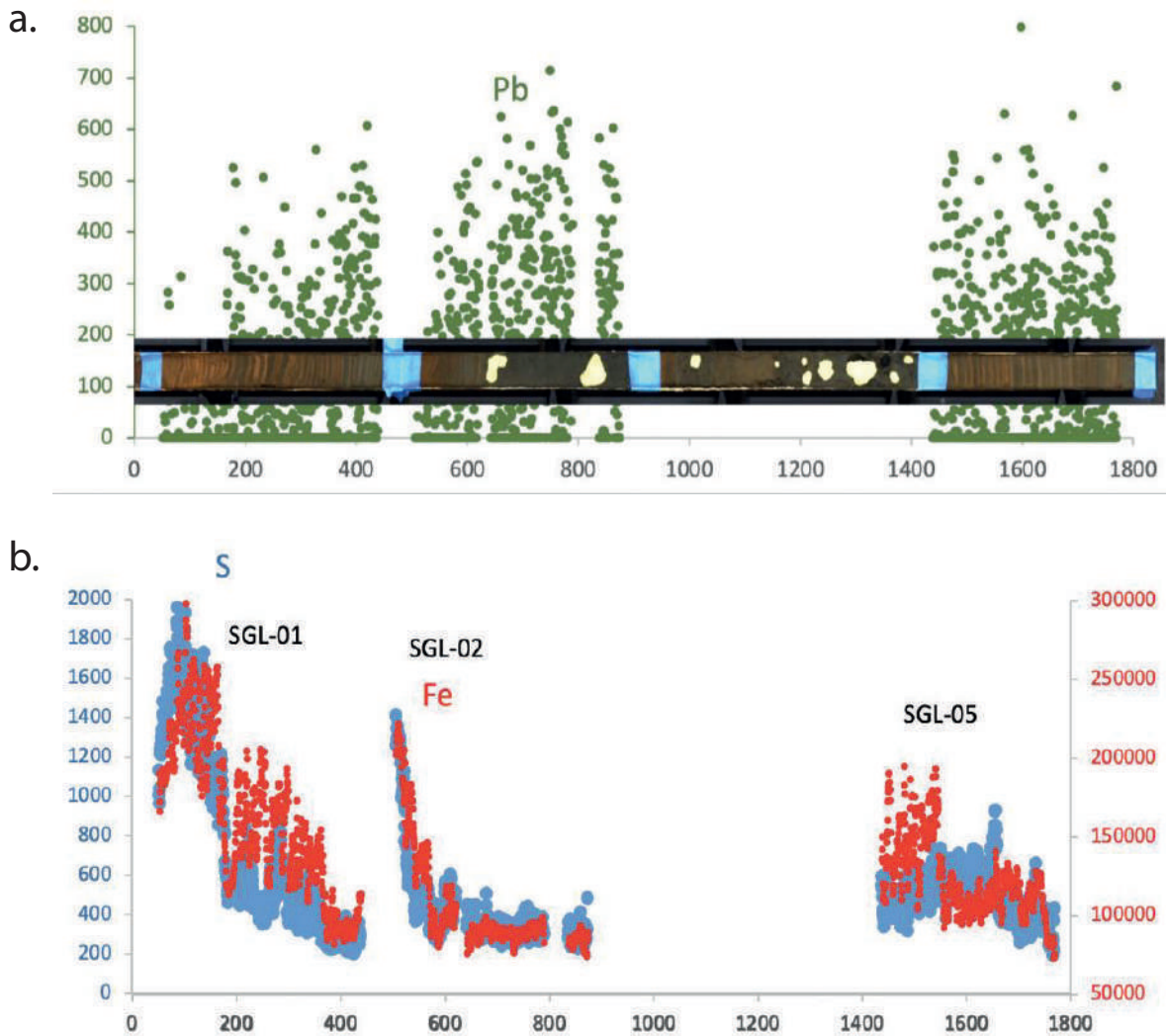


Figura 3: Análisis geoquímico de Pb (a), S y Fe (b) de las cuatro muestras de la Laguna Shal lap. El orden de las muestras es SGL-01; SGL-02; SGL-03; y SGL-05 y no forman una muestra continua cuando fueron escaneados en el iTrax XRF-CS.

CONCLUSIONES

- Los sedimentos de testigos de la Laguna Shal lap evidencian el posible inicio de la acidificación e impacto de metales pesados en esta cuenca sedimentaria lacustre.
- Futuros estudios en estos testigos incluirán la datación, otros metales pesados y diatomeas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen el apoyo financiero del Proyecto Concytec–Banco Mundial “Proyecto de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico” E041-2018-01-BM, a través de su unidad ejecutora ProCiencia, Contrato N° 03-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV.

REFERENCIAS

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>

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

Duffus, J. H. (2002). “Heavy metals” - A meaningless term? (IUPAC technical report). *Pure and Applied Chemistry*, 74(5), 793–807. <https://doi.org/10.1351/pac200274050793>

Egiebor, N. O., & Oni, B. (2007). Acid rock drainage formation and treatment: a review. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 17, 47–62. <https://doi.org/10.1002/apj>