

Características Hidroquímicas, Tróficas y Limnológicas del Lago Minero Blondis (La Arboleda, Bizkaia)

/ IÑAKI YUSTA (1,*), JAVIER SÁNCHEZ-ESPAÑA (2)

(1) UMHA, Departamento de Mineralogía y Petrología, Universidad del País Vasco UPV/EHU. Apdo 644. 48080. Bilbao (España)

(2) Unidad de Mineralogía e Hidrogeoquímica Ambiental (UMHA), Departamento de Investigación en Recursos Geológicos, Instituto Geológico y Minero de España, c/Ríos Rosas, 23, 28003, Madrid (España)

INTRODUCCIÓN

La intensa explotación minera de los yacimientos de Fe en los Montes de Triano, concentrada a fines del s. XIX y principios del XX, pero con referencias que datan desde época romana, configuró un espacio fuertemente antropizado que se ha convertido en la actualidad en una zona verde recreativa gracias al desmantelamiento de las instalaciones y a la ocupación de los huecos por lagos (pozo Ostión, Blondis y Parkotxa entre otros, Fig. 1). Todavía pueden observarse de forma discontinua las mineralizaciones que ocupaban la zona, consistentes en masas de siderita que reemplazan calizas de Rudistas y corales en bancos métricos (Aptiense Inferior), con morfología estratoligada, y que tras intensos procesos de alteración supergénica desarrollaron una potente montera de óxidos e hidróxidos de Fe (hematites, goethita) explotada en su totalidad (Gil et al., 1992).

En el contexto de un estudio más amplio que abarca lagos mineros de diversos tipos y entornos geológicos e hidroquímicos, se han realizado dos campañas de monitorización fisicoquímica y muestreo de aguas y sedimentos del lago formado en el antiguo Pozo Blondis (Mina Orconera V, La Arboleda) en Julio de 2011 y Febrero de 2012. El objeto de estas dos campañas fue el de comprobar la calidad del agua, el estado trófico y el tipo de estratificación que presenta este lago, discriminando entre las situaciones de verano e invierno.

LIMNOLOGÍA Y ESTRATIFICACIÓN

El lago Blondis presenta en la actualidad una superficie de unos 1,64 hm², y una profundidad máxima que oscila entre los 22-23 m en verano y los 26-27 m en invierno. En Julio de 2011 el lago

presentaba una clara estratificación térmica y química (Fig. 2). Se reconocían claramente un epilimnion cálido en torno a los 20°C (0-5 m), un metalimnion de transición con una termoclina muy marcada (5-14 m), y un hipolimnion mucho más frío en torno a 8-9°C (14-22 m). La distribución vertical del oxígeno era heterogénea, y mostraba unas condiciones bien oxigenadas en los primeros 10 m de la columna de agua, seguido de una caída continua de la concentración de oxígeno (condiciones subóxicas) en el tramo 10-20 m, y finalmente una capa profunda de unos 2 m de espesor (20-22 m) completamente anóxica (fig. 2). El aumento de la presión total de gases en esta última capa indica que, muy probablemente, existe acumulación de otros gases como CO₂. También se registró un aumento brusco de la conductividad en esta última capa que indicaba un importante incremento de los sólidos disueltos en un factor de ~4x con respecto al resto de la columna de agua (fig. 2). El potencial redox (Eh) de la capa profunda indicaba condiciones notablemente más reductoras que el resto del lago (200 mV frente a 500-550 mV). Sin embargo, esta estratificación desapareció en la campaña invernal, momento en el que el lago mostraba una homogenización total de la masa de



fig. 1. Foto panorámica del lago minero de Blondis (La Arboleda, Vizcaya; Foto: Javier Sánchez).

agua, ya completamente oxigenada y con temperatura de 6°C. Este hecho permite comprobar que el lago Blondis es un lago monomictico, con estratificación estacional en la época estival y volteo completo de la masa de agua en otoño-invierno, similar al cercano pozo Ostión (Gobierno Vasco, 2004).

HIDROQUÍMICA

Desde el punto de vista químico, el lago presenta una composición bicarbonatada cálcico-magnésica muy pobre en cloruros, Na y K, que es típica del entorno carbonatado en el que se encuentra. Tanto el contenido en bicarbonatos (184-740 mg/L) como el de Ca y Mg (73-260 mg/L y 31-148 mg/L, respectivamente) aumentaban

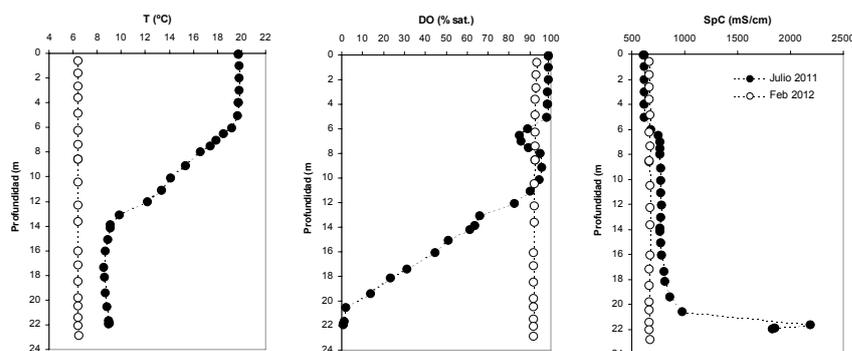


fig. 2. Perfiles verticales de temperatura (T), oxígeno disuelto (DO) y conductividad específica (SpC) tomados en el lago Blondis en Julio de 2011 (círculos negros) y en Febrero de 2012 (círculos blancos).

palabras clave: Minería del hierro, Lagos mineros, Contaminación metálica, Eutrofización, Ciclo biogeoquímico

key words: Iron mines, Mine pit lakes, Metal pollution, Eutrophication, Biogeochemical cycling

resumen SEM 2012

* corresponding author: I.yusta@ehu.es

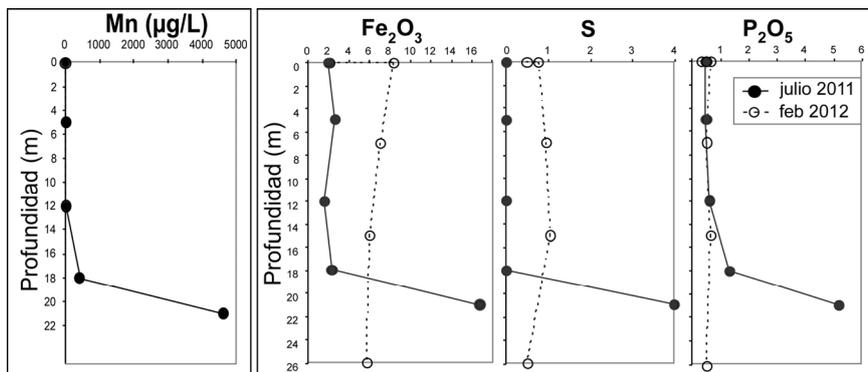


fig 3. Variación vertical en la concentración de manganeso (Mn, ICP-AES) disuelto en el agua del lago Blondis (Julio de 2011) y contenido en Fe₂O₃, S y P₂O₅ (XRF, wt. %) retenido en filtros de 0,45 µm.

fuertemente en profundidad en julio de 2011, lo que hace suponer la existencia de procesos de disolución de carbonatos en la zona profunda del lago.

Lo más llamativo de la campaña estival era la elevada concentración de Fe²⁺ (63 mg/L), Mn (5 mg/L) y SO₄²⁻ (610 mg/L) en la capa profunda y anóxica del lago (fig. 3); que además mostraba un importante enriquecimiento en sílice disuelta (15 mg/L) y en metales traza (Al, Co, Ni, Zn, As y Pb). Este aumento coincide con una ligera acidificación del agua (pH 6,7 frente a pH 7,5-8,3 en el resto del lago) y sugiere la existencia de procesos de oxidación de sulfuros como pirita (presente de forma minoritaria) y/o a procesos de reducción microbiana de minerales de Fe³⁺ como goethita o ferrihidrita (éste último aún no identificado en el lago). La relación S/Fe molar determinada (1,92) es próxima a la teórica de la pirita por lo que la primera hipótesis parece la más probable, aunque ésta requiere necesariamente la presencia de O₂ (g) disuelto en el agua, y por tanto estaría limitada por la velocidad de difusión de este gas a las zonas profundas del lago.

ESTADO TRÓFICO

Otro rasgo destacable del lago desde el punto de vista químico fue la elevada concentración de algunos nutrientes como nitrógeno (2-6 mg/L N_T) y carbono orgánico (0,7-2 mg/L TOC), que a menudo van asociados a fenómenos de eutrofización y colonización por parte de algas y otros microorganismos fitoplanctónicos y bentónicos. El caso del N es particularmente interesante al mostrar una variación brusca de su especiación, con nitratos predominantes en la zona oxigenada superior (2-3 mg/L NO₃⁻), y amonio dominante en la zona anóxica inferior (>5 mg/L NH₄⁺). El

contenido en fósforo, otro nutriente básico en ecosistemas acuáticos, siempre estuvo por debajo del límite de detección de la técnica analítica (<0.04 mg/L PO₄), lo que sugiere una más que probable limitación por P de la productividad primaria (fotosíntesis) del lago. Estos valores son similares a los que muestra el pozo Ostión, incluido en la red de control de la calidad ecológica de la CAPV en el periodo 2003-2005 (Gobierno Vasco, 2004). Este lago monomóctico presentó bajos contenidos en P (media 0,02-0,024 mg/L P_T), baja productividad en clorofila a, ausencia de floraciones algales y altos contenidos en N (1,2-3,9 mg/L), determinando este último parámetro un estado ecológico malo. En el pozo Blondis, la anoxia durante el verano está más marcada en los perfiles de conductividad, alcanzando un máximo de 2200 mS/cm (media 650 en invierno), marcadamente superiores al rango [317-535] mS/cm de las aguas del pozo Ostión.

MINERALOGÍA DE LAS PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN

El material particulado retenido en los filtros de agua evidencia mayor proporción de materia en suspensión en invierno, si bien su composición es homogénea (Fig. 3). Principalmente se compone de cuarzo e illita (predominantes en columna de agua y sedimentos de fondo), así como de calcita y goethita. Los dos primeros tienen un claro origen detrítico, en el caso de los segundos no es posible aún determinar el ratio detrítico frente a autigénico (i.e. precipitados directamente en columna de agua). Los filtros procedentes de la zona más profunda presentan menor contenido en Al y Si, y un contenido notablemente más alto de Fe, Mg, Ca, S y P, lo que parece indicar un menor contenido en arcillas y un

aumento relativo de minerales secundarios (precipitados de Fe(III) como goethita o ferrihidrita, o carbonatos como calcita) y de biomasa (restos de algas fitoplanctónicas), aunque estos últimos aún no se han podido probar.

MODELIZACIÓN GEOQUÍMICA

Los cálculos de especiación iónica y saturación en diferentes fases minerales efectuados con PHREEQC revelan una clara diferencia vertical en el carbono inorgánico disuelto (carbonatos presentes en el epilimnion, bicarbonatos dominantes y presencia de CO₂ en el hipolimnion) y la existencia de un más que probable ciclo vertical de algunos minerales como la calcita o dolomita (precipitación en la zona superior y disolución en el fondo), así como de diferentes óxidos e hidróxidos de Fe y Mn, cuya movilidad podría también estar controlada por ciclos redox catalizados tanto abiótica como bióticamente.

ASPECTOS AMBIENTALES

Los datos aportados en este trabajo indican que, aunque menores en comparación con otros sistemas más extremos como las aguas ácidas, y aunque sea de manera estacional, las aguas de mina de las antiguas explotaciones de hierro encajadas en carbonatos pueden llegar a provocar concentraciones de sulfato y de algunos metales (Fe, Mn) anormalmente elevadas para el entorno hidroquímico en el que se encuentran.

AGRADECIMIENTOS

Análisis realizados en los Servicios SGIKER-UPV/EHU y Laboratorios IGME, Tres Cantos (Madrid). Trabajo financiado con fondos obtenidos del Plan Nacional de I+D del MICINN (Proyecto BACCHUS, Ref. CGL2009-09070) y del Gobierno Vasco (Grupo Invest. IT-340-10).

REFERENCIAS

Gobierno Vasco (2004): Red de seguimiento de la calidad ecológica de los humedales interiores de la Comunidad Autónoma de País Vasco. Univ. Autónoma de Madrid, Dpto. de Ecología. Informe técnico.
 Gil, P.P., Velasco, F., Martínez, R., Casares, M.A. (1992): Yacimientos de carbonatos de hierro de Bilbao. In: "Recursos Minerales de España" J. García Guinea y J. Martínez Frias, eds. Textos Universitarios, 585-601.