

Registro histórico de la contaminación atmosférica por Pb en el Lago de Marboré (P.N. de Ordesa y Monteperdido)

/ M. PILAR MATA (1), ANA MORENO CABALLUD (2), BELÉN OLIVA URCIA (2), BLAS L. VALERO GARCÉS (2), M. TERESA RICO (2)

(1) Instituto Geológico y Minero. IGME. Ríos Rosas 23, 28003 Madrid (España)

(2) Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), Avda. Montañana, 1005. 50059 Zaragoza (España)

INTRODUCCIÓN

Los lagos de alta montaña constituyen un ecosistema especial y sensible, oligotrófico y sometido a condiciones extremas (Catalán et al., 2006), donde la influencia humana directa es muy baja, por lo que son un lugar ideal para el estudio del transporte y depósito de contaminación atmosférica a larga distancia.

La actividad minera y metalúrgica y la quema de combustibles fósiles han contribuido a la dispersión por vía atmosférica de Pb a escala global. El primer aumento significativo de Pb en la atmósfera es debido a la actividad minera en el periodo romano (2000-1500 cal BP), seguido de repuntes más modernos durante el periodo medieval. Desde la revolución industrial, se ha vuelto a introducir una cantidad considerable de Pb en la atmósfera (Weiss, et al., 1999).

En la zona Pirenaica existen numerosos datos de contenido en Pb y otros metales traza en sedimentos y suelos (Camarero et al., 1998, Lavilla et al., 2006, Bacardit, 2012). Estos autores dan valores altos de Pb, Zn, Cd y Cu, comparables al resto de áreas de alta montaña en Europa, y, en el caso de Pb, Ni y Cu, por encima de niveles permitidos.

En el Sur de España se ha reconocido y correlacionado el aumento de Pb en registros lacustres y marinos en

periodos Íbero-romanos (Laguna de Zoñar, Córdoba y sondeo ODP 976, Cuenca de Alborán) (Martín Puertas et al., 2010). García-Alix et al. (2013) describen en la Laguna de Río Seco (P.N. Sierra Nevada), a 3020 m de altitud, polución atmosférica asociada a actividades metalúrgicas en la Edad de Bronce (3900 cal BP).

En este trabajo presentamos los resultados de los análisis geoquímicos de elementos mayores y traza de dos sondeos tomados en un lago de alta montaña en el Parque Nacional de Ordesa y Monteperdido (PNOM).

LOCALIZACIÓN

El Lago de Marboré está situado a 2581 m de altitud en las Sierras Interiores pirenaicas, dentro del PNOM. Las dimensiones son de ~500 m en la dirección de las sierras y ~200 m en la dirección Norte, con una profundidad máxima de 31 m. Está situado en el Balcón de Pineta (circo de Marboré) y limitado por los picos de Tucarroya (~2800 m), Astazus (~3000 m) y Monte Perdido (3355 m). Geológicamente se sitúa en el eje de un sinclinal en la Formación Areniscas de Marboré (Cretácico Superior-Campaniense-Maastrichtiense).

METODOLOGÍA

Los sondeos MAR11-1U-1A (6 m) y ORD10-MAR-2B-3 (50 cm), fueron recuperados en los años 2010 y 2011 y analizados por un core-scanner

AVAATECH XRF de la Universidad de Barcelona. Las medidas fueron realizadas cada 5 mm a 10 y 15 KV. Los elementos analizados fueron Al, Si, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Zn, Ga, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb y Pb. Se analizaron 70 muestras por ICP-OES (ICAP 6500 DUO/IRIS INTREPID II XDL) tras digestión ácida con HNO₃/H₂O₂ en Ultraclave-Microondas en el Servicio de Ionómica del CEBAS (CSIC). Los análisis de Carbono Orgánico Total (TOC) y Carbono Inorgánico (TIC) se han determinado cada 2 cm en un analizador LECO SC144 DR. El modelo cronológico se obtuvo mediante el análisis de Pb y Cs y varias dataciones de ¹⁴C, dando una edad máxima para la base de la secuencia de 11000 cal BP (Oliva et al., 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición litológica y mineralógica es muy homogénea, limos y lutitas de color marrón y ocre con niveles con laminaciones milimétricas compuestas por cuarzo, feldespatos, filosilicatos con esporádica presencia de calcita. Los contenidos en carbono orgánico (0.1-1.1%) e inorgánico (0-0.4%) son muy bajos, y pone de manifiesto la baja cantidad de materia orgánica y de carbonato en el lago.

La mayor parte de las variaciones observadas a lo largo de la secuencia se deben a cambios composicionales debidos a procesos relacionados con variaciones en el nivel del lago, que

palabras clave: contaminación atmosférica, parque nacional, Pb, lagos alta montaña.

key words: Atmospheric pollution, national park, Pb, high-mountain lakes

resumen SEM 2013

* corresponding author: p.mata@igme.es

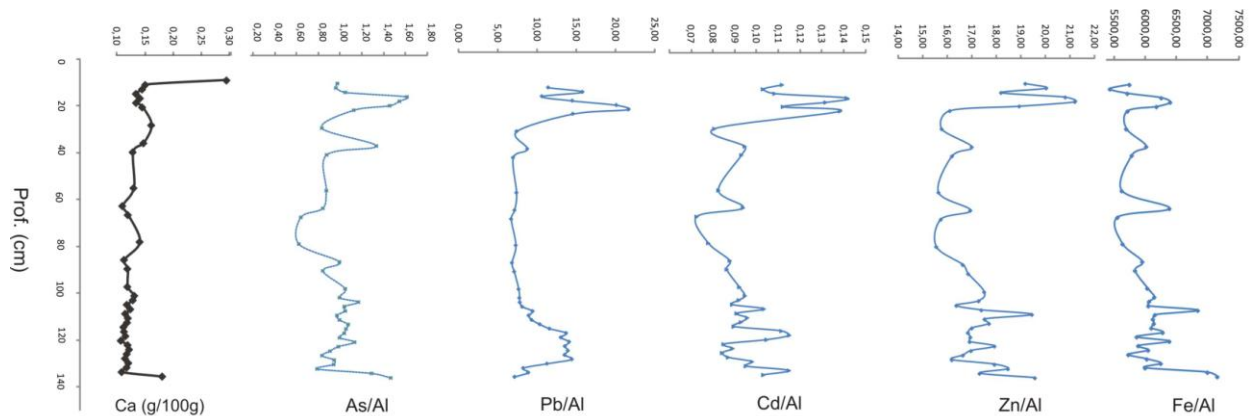


fig 1. Perfiles de Ca, As/Al, Pb/Al, Cd/Al, Zn/Al y Fe/Al de la parte superior del sondeo MAR11-1U-1A.

provocan cambios redox, detectados por variaciones en las razones Fe/Mn y Fe/Al, y cambios en los estados de saturación del carbonato que permiten la permanencia de los carbonatos detríticos, ausentes en casi todo el perfil. Con respecto al Pb, se observa que hasta 1.40 m (>2000 cal BP) el contenido es muy bajo, existiendo un rápido y claro aumento en el periodo romano (de 140-115 cm, 2000 cal BP); un ligero aumento en época medieval y un aumento exponencial en época moderna. Algunos metales traza, cuyos valores promedio se muestran en la tabla I, muestran igualmente un claro y brusco aumento en épocas recientes.

Aunque la minería de Pb en el valle de Bielsa, Minas de Parzán, ha sido importante desde la edad media, no se conoce ni se ha documentado explotación ni actividad metalúrgica de época romana. En el Sur de España, la contaminación atmosférica está claramente relacionada con los procesos de copelación extensivos que probablemente empezaron en la edad del Cobre (García-Alix et al., 2013).

Tal como ocurre en otros puntos del pirineo, el lago de Marboré es un lugar que registra y es sensible a la actividad antrópica desde épocas romanas hasta la actualidad. La presencia de Pb y otros metales en el registro histórico de suelos y rellenos sedimentarios en zonas protegidas, pone de manifiesto la importancia de su estudio de cara a evitar movilizaciones que puedan afectar a los ecosistemas actuales.

AGRADECIMIENTOS

Proyectos del OAPN: *Dinámica glacial, clima y vegetación en el Parque Nacional de Ordesa - Monte Perdido durante el Holoceno y Evaluación y seguimiento del cambio global en tres*

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
max	7.6	0.8	6.2	71.4	19.3	44.2	110.2	119.0
min	3.3	0.4	0.5	43.9	12.5	32.3	29.1	74.3
\bar{X}	5.3	0.5	2.1	58.0	15.9	37.4	58.7	94.0
σ	1.0	0.1	1.6	5.2	1.3	2.3	19.6	8.0
max	64.4	0.6	11.8	71.6	35.0	42.5	111.9	154.2
min	2.4	0.2	0.7	51.8	13.7	33.9	36.8	89.6
\bar{X}	15.3	0.4	3.3	63.4	17.2	38.1	57.5	102.0
σ	16.9	0.1	2.8	4.3	4.0	2.3	20.4	10.3

Tabla I: contenido máximo, mínimo, promedio (X) y desviación standard de metales traza (mg/Kg). Arriba: sondeo MAR11-1U-1A (n=34). Abajo: sondeo ORD10-MAR-2B-3 (n= 36 muestras)

lagos de alta montaña de Parques Nacionales (Enol, Marboré y La Caldera).

REFERENCIAS

- Bacardit, M. (2012): Trace elements biogeochemistry in high mountain lake catchments: identifying anthropogenic versus natural components from the atmospheric contamination legacy in remote natural areas. Tesis Doctoral. 94 pp.
- Camarero L., Masqué P., Devos W., Ani-Ragolta I., Catalán J., Moor H. C., Pla S. and Sánchez-Cabeza J. A. (1998): Historical variations in lead fluxes in the Pyrenees (Northeast Spain) from a dated lake sediment core. *Water Air Soil Pollut.* 105, 439-449.
- Catalán J., Camarero L., Felip M.; Pla S.; Ventura M.; Buchaca T.; Bartumeus F.; de Mendoza G.; Miró A.; Casamayor EO.; Medina-Sánchez JM.; Bacardit M.; Altuna M.; Bartrons M.; Díaz de Qujano D. (2006): High mountain lakes: extreme habitats and witnesses of environmental changes. *Limnetica* 25, 551-584.
- García-Alix, A., Jiménez Espejo, F.J., Lozano, J.A., Jiménez-Moreno, G., Martínez-Ruiz, F., García-Sanjuán, L., Aranda Jiménez, G., García Alfonso, E., Ruiz-Puertas, G., Anderson, R.S. (2013): Anthropogenic impact and lead pollution throughout the Holocene in Southern Iberia. *Science of the Total Environment*. 449., 451-460.
- Lavilla, I., Filgueras, A.V., Valverde, F., Millos, J., Palanca, A., Bendicho, C. (2006): Depth

profile of trace elements in a sediment core of a high-altitude lake deposit at the Pyrenees, Spain. *Water, Air, and soil pollution*, 172, 273-293.

- Martín-Puertas, C, Jiménez-Espejo, F., Martínez-Ruiz, F. Nieto-Moreno, V., Rodrigo, M., Mata, M. P. y Valero-Garcés, B. L. (2010): Late Holocene climate variability in the southwestern Mediterranean region: an integrated marine and terrestrial geochemical approach. *Climate of the Past*, 6, 807-816.
- Oliva Urcia, B Moreno, A. Mata, P, Valero Garcés, B.L. (2013) Magnetismo y cambios ambientales en registros terrestres, ejemplo del lago de Marboré, Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Huesca). *Cuadernos de Geografía Ibérica*. (en prensa)
- Weiss, D., Shoty W., Kempf, O. (1999): Archives of Atmospheric Lead Pollution. *Naturwissenschaften* 86, 262-275