

Propiedades magnéticas de sedimentos del Lago de Sanabria y su área fuente (NO España): implicaciones paleoambientales

Rock magnetic properties of sediments from Lake Sanabria and its catchment (NW Spain): paleoenvironmental implications

V. Borrue1, J.C. Larraso1, M. Gómez-Paccard2, M. Rico3, B. Valero-Garcés3, A. Moreno3 y R. Soto1

1 Instituto Geológico y Minero de España, Unidad de Zaragoza, C/ Manuel Lasala 44, 9B, 50006 Zaragoza. violeta.borrue1@gmail.com, jc.larra@igme.es, r.soto@igme.es

2 Instituto de Ciencias de la Tierra Jaime Almera, CSIC, C/ Lluís Solé Sabarís s/n, E-08028 Barcelona. mgomezpaccard@ictja.csic.es

3 Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Avda. Montañana 1005, 50059 Zaragoza. mayterico@ipe.csic.es, blas@ipe.csic.es, amoreno@ipe.csic.es

Resumen: El estudio preliminar de las propiedades magnéticas de los sedimentos recientes (Pleistoceno superior-Holoceno) acumulados en el Lago de Sanabria (Zamora, NO de España) y de las principales litologías que afloran en su área fuente han permitido diferenciar dos unidades en los sedimentos lacustres. La unidad basal, acumulada en un medio proglacial entre 25.6 y 12.2 kyr BP, se caracteriza por unas propiedades magnéticas muy similares a las de las litologías del área fuente. La presencia de magnetita y pirrotina en los sedimentos lacustres y en la mayoría de las litologías del área fuente sugiere una sedimentación causada principalmente por la erosión de una harina glacial. El resto de la secuencia lacustre, acumulada durante los últimos 12.2 kyr BP, presenta unas propiedades magnéticas claramente diferentes que sugieren la intervención tanto de procesos edáficos previos a la erosión del material del área fuente como a cambios diagenéticos ocurridos con posterioridad a su acumulación en el lago. Este brusco cambio en las propiedades magnéticas de los sedimentos lacustres en torno a 12.2 kyr BP corrobora la rápida retirada de los aparatos glaciares de la cuenca hidrográfica del Lago de Sanabria inferida por otros autores en base a datos sedimentológicos, geoquímicos y geomorfológicos.

Palabras clave: Magnetismo ambiental, sedimentos lacustres, área fuente, proglacial.

Abstract: A preliminary rock magnetic study carried out on recent (Upper Pleistocene-Holocene) sediments from Lake Sanabria (Zamora, NW Spain) and from different lithologies that crop out in its catchment area has enabled distinguishing two units in the lake sediments. The lower unit, accumulated between 25.6 and 12.2 kyr BP in a proglacial environment, shows the same magnetic properties than the lithologies sampled in the catchment area of the lake. The occurrence of magnetite and pyrrhotite, both in the lake sediments and in the catchment area, suggests that sedimentation is mainly caused by the erosion of the glacial flour. The rest of the lacustrine sequence, accumulated after 12.2 kyr BP in a fluvio-lacustrine environment, is characterized by distinctively different magnetic properties that point to a prominent role of post-depositional diagenetic processes and previous pedogenic processes occurred in the catchment of the lake. This sharp change in magnetic properties occurred at around 12.2 kyr BP supports the rapid deglaciation of the catchment of Lake Sanabria inferred in previous studies on the basis of sedimentological, geochemical and geomorphological data.

Key words: Environmental magnetism, lacustrine sediments, catchment, proglacial.

INTRODUCCIÓN

El Lago de Sanabria está situado en el noroeste de la Península Ibérica (42°07'30'' N, 06°43'00'' O), en la provincia de Zamora, a unos 1000 m sobre el nivel del mar. Tanto el lago como su cuenca hidrográfica se formaron durante el último ciclo glacial por la acción erosiva de tres lenguas glaciares (valle del Tera, Segundera y Cárdena) (Rodríguez-Rodríguez et al., 2011). La posterior retirada y fusión de los glaciares dio lugar a un lago proglacial cerrado por un complejo morrénico terminal (Fig. 1). El lago presenta una

morfología cóncava, con un fondo casi plano y alargada en sentido O-E, con dos cubetas (de 51 m y 46 m de profundidad respectivamente) que marcan las áreas de máxima acumulación de hielo. La cuenca hidrográfica del lago está constituida por gneises, tobas epiclásticas y grauvacas vulcanogénicas de la Fm. Ollo de Sapo (Precámbrico), esquistos y cuarcitas de las Fms. Puebla y Culebra (Paleozoico), por granitoides variscos y restos diseminados de depósitos cuaternarios de origen glacial (Fig. 1).

En el año 2004, y en el marco del proyecto de investigación CALIBRE (IPE, CSIC), se recuperaron en el lago varios sondeos mediante la utilización de una plataforma de sondeos tipo *kullemberg* del Limnological Research Center de la Universidad de Minnesota (EEUU) (Rico et al., 2007). El estudio sedimentológico, geoquímico y cronológico del sondeo más completo (SAN04-3A-1K), recuperado en la cubeta oriental del lago, ha permitido identificar una unidad basal de edad Pleistoceno superior (25.6-12.2 kyr BP), compuesta por limos claros con un bajo contenido en materia orgánica, que se relaciona con una sedimentación predominante clástica de origen proglacial. Tras el comienzo del Holoceno la secuencia está constituida por limos oscuros con abundante contenido en materia orgánica y frecuentes intercalaciones arenosas, que se depositaron lejos de la influencia del glaciar (Rico et al., 2007; Rodríguez-Rodríguez et al., 2011).

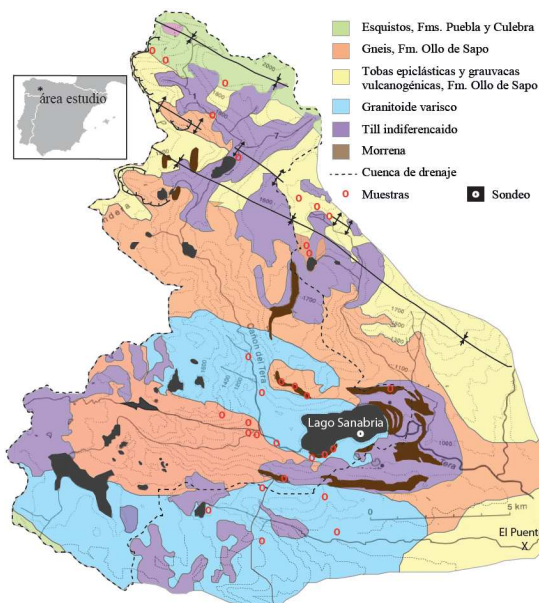


FIGURA 1. Mapa geológico de la zona de estudio (simplificado de Rodríguez-Rodríguez et al., 2011), en el que han situado las muestras de área fuente recogidas (puntos rojos) y el sondeo SAN04-3A-1K (punto blanco).

En este trabajo se presenta un estudio preliminar de las propiedades magnéticas de los sedimentos recuperados en el sondeo SAN04-3A-1K y de varias muestras representativas de las litologías que componen el área fuente del Lago de Sanabria (Fig. 1). El objetivo es contribuir a establecer las condiciones ambientales que predominaban durante el depósito de los sedimentos del Lago de Sanabria.

METODOLOGÍA

El estudio de magnetismo ambiental preliminar está basado en la medida, tanto para los sedimentos lacustres como para las muestras representativas de las litologías que conforman el área fuente del lago, de la magnetización remanente isotérmica (IRM por sus

iniciales en inglés) aplicada a dos campos magnéticos de 0.1 ($IRM_{0.1 T}$) y 1.2 T ($IRM_{1.2 T}$). Ambas medidas han sido normalizadas por la masa de las muestras. La $IRM_{1.2 T}$ se ha utilizado para determinar variaciones en la concentración de minerales magnéticos, mientras que el *S-ratio* (definido como $IRM_{0.1 T}/IRM_{1.2 T}$) se ha utilizado para determinar las variaciones de la proporción relativa de minerales magnéticos de baja y alta coercitividad (Evans y Heller, 2003). La mineralogía magnética se ha determinado a partir de la desmagnetización térmica progresiva de la IRM de tres componentes (Lowrie, 1990) al aplicar campos magnéticos de intensidad decreciente en tres direcciones ortogonales de 1.2, 0.3 y 0.1 T. El estudio se ha llevado a cabo en el Laboratorio de Paleomagnetismo del Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera (ICTJA-UB, CSIC). Las IRMs se han impartido mediante un magnetizador de impulsos IM10-30 (ASC), utilizando un magnetómetro criogénico de tres ejes (2G) para la medida de la remanencia en cada paso de demagnetización térmica progresiva, realizada en un horno MMTD-80 (Magnetic Measurements).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La parte basal de la serie sedimentaria, acumulada en un medio proglacial entre 25.6 y 12.2 kyr BP, está caracterizada por valores de la $IRM_{1.2 T}$ que en ningún caso superan los $1.5 \times 10^{-4} \text{ Am}^2/\text{kg}$ y por *S-ratios* que oscilan entre 0.25 y 0.75 (Fig. 2).

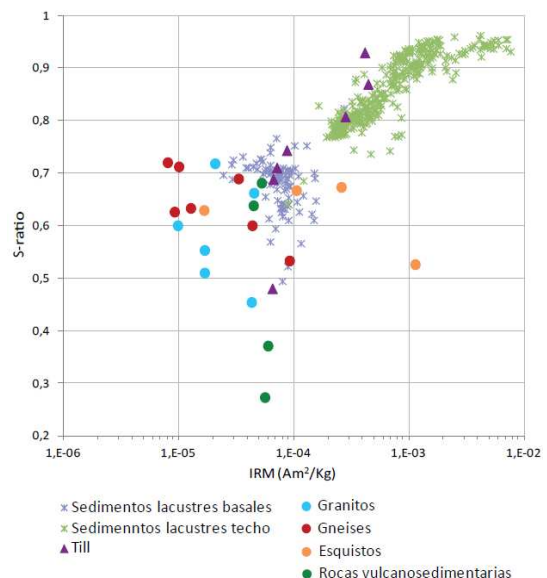


FIGURA 2. $IRM_{1.2 T}$ vs *S-ratio* de las litologías del área fuente y de los sedimentos lacustres.

Estos valores se solapan con los de las litologías que aparecen en el área fuente, incluidas varias muestras de till cuaternario. En los sedimentos lacustres basales y en la mayoría de las rocas del área fuente se produce una pérdida de la IRM por debajo de 600°C y su caída adicional a temperaturas de 325-350°C, sugiriendo la presencia de magnetita y pirrotina, respectivamente

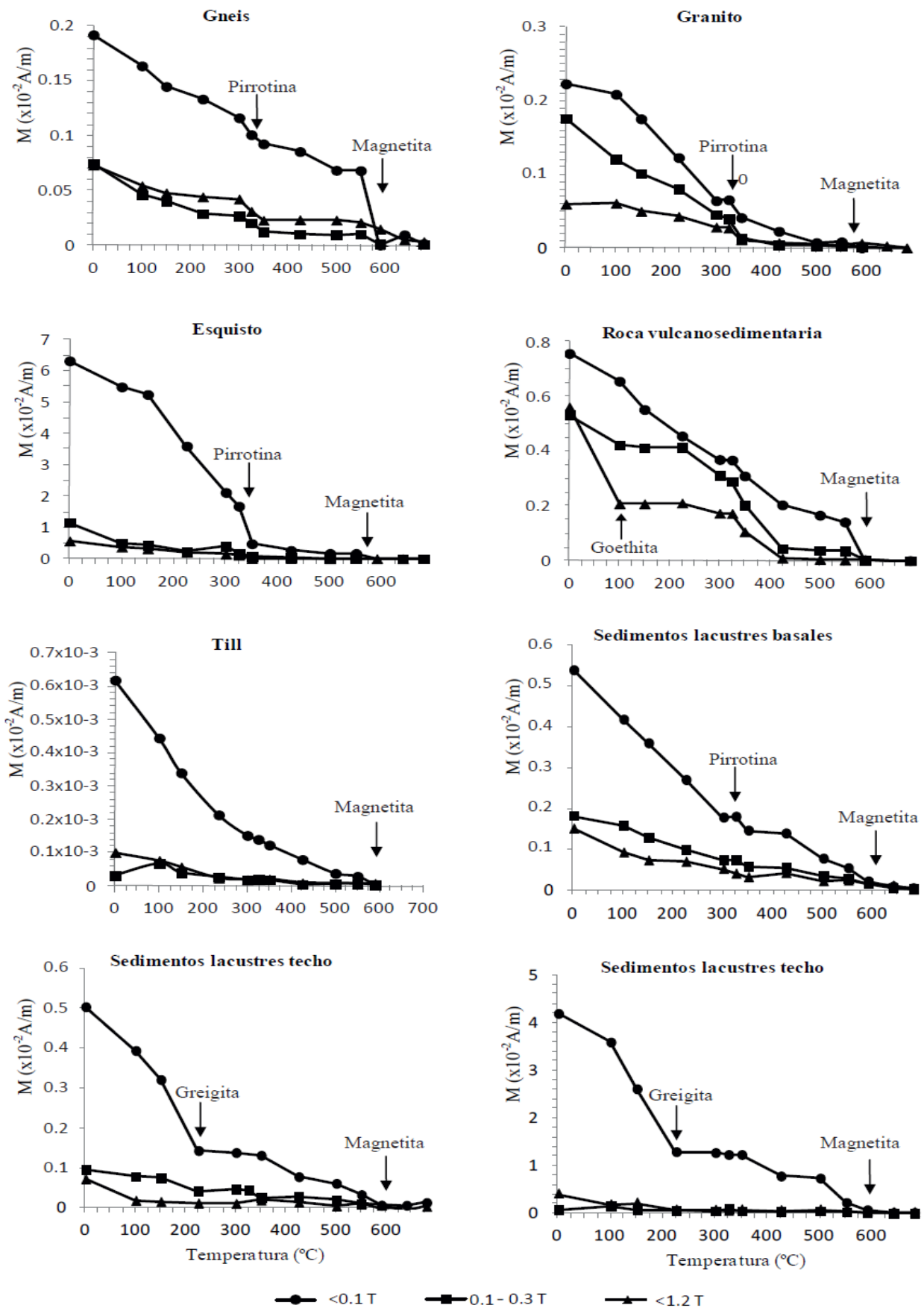


FIGURA 3. Desmagnetización térmica de la IRM de tres componentes de muestras representativas de las rocas del área fuente y de los sedimentos lacustres de la parte basal y superior del sondeo estudiado.

(Lowrie, 1990; Evans y Heller, 2003), (Fig. 3). Estos datos son consistentes con una meteorización física (relacionada con el pulido glaciar y sin involucrar cambios mineralógicos) como origen de la sedimentación detrítica ocurrida en el Lago de Sanabria entre 25.6 y 12.2 kyr BP.

El resto de la secuencia lacustre (últimos 12.2 kyr BP) está caracterizada por valores de la $IRM_{1,2T}$ y del S-ratio que no se solapan, salvo en el caso de varias muestras de till cuaternario, con los valores de las rocas del área fuente (Fig. 2). La pérdida de la IRM por debajo de 600°C y la caída adicional a temperaturas por debajo de 250°C en estos sedimentos lacustres (Fig. 3) aluden a la presencia de magnetita y greigita, respectivamente (Lowrie, 1990; Evans y Heller, 2003). Estos resultados indican la intervención de procesos químicos dando lugar a una modificación de la mineralogía magnética original de las rocas del área fuente, que podría deberse tanto a procesos edáficos previos a su erosión como a cambios diagenéticos ocurridos en los sedimentos con posterioridad a su acumulación en el lago. La presencia de greigita en estos sedimentos lacustres, ricos en materia orgánica, sugiere la impronta de procesos diagenéticos post-depósito relacionados con la degradación de la materia orgánica. Las muestras de till presentan la pérdida de la IRM por debajo de 600°C, indicando la presencia de magnetita. La caída progresiva de la intensidad de la magnetización a temperaturas inferiores hace difícil su atribución a un mineral magnético concreto (Fig. 3). Estos datos sugieren también la impronta de procesos edáficos ocurridos con anterioridad a la sedimentación en el lago y que parecen haber causado la oxidación de la pirrotina y/o la posible formación de otro mineral magnético que no puede ser identificado con los datos disponibles en la actualidad.

CONCLUSIONES

El brusco cambio en las propiedades magnéticas que se observa entre los sedimentos lacustres basales y superiores del sondeo SAN04-3A-1K sugiere una rápida transición entre una sedimentación lacustre dominada por la acumulación de una harina glaciar y

una sedimentación en la que los procesos edáficos en el área fuente y los procesos diagenéticos post-depósito juegan un papel determinante. Estos datos corroboran la rápida retirada de los aparatos glaciares de la cuenca hidrográfica del Lago de Sanabria en torno a 12.2 kyr BP inferida por Rodríguez-Rodríguez et al. (2011) en base a datos sedimentológicos y geoquímicos.

Este trabajo pone de manifiesto la necesidad de estudiar las propiedades magnéticas de los sedimentos lacustres en combinación con las de las litologías de su área fuente, y enfatiza la necesidad de considerar los procesos edáficos y/o post-depósito a la hora de interpretar la señal magnética de los sedimentos lacustres que registran eventos de deglaciación (Rosenbaum y Reynolds, 2004).

REFERENCIAS

- Evans, M. E., Heller, F. (2003): Environmental magnetism. Principles and applications of enviromagnetics. *Academic Press*, 229 p.
- Lowrie, W. (1990): Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties, *Geophys. Res. Lett.*, 17: 159-162.
- Rico, M., Valero Garcés, B., Vega, J. C., Moreno, A., González-Sampériz, P., Morellón, M., Mata, P. (2007): El registro sedimentario del Lago de Sanabria desde la última deglaciación. En: *Contribuciones al estudio del periodo Cuaternario* (J. Lario y P. G. Silva, eds.) Aequa, Ávila, 213-214.
- Rodríguez-Rodríguez, L., Jiménez-Sánchez M., Domínguez-Cuesta, M. J., Rico, M. T., Valero-Garcés, B. (2011): Last deglaciation in northwestern Spain: New chronological and geomorphologic evidence from the Sanabria region. *Geomorphology* 135: 48-65.
- Rosenbaum, J. G., Reynolds, R. L. (2004): Basis for paleoenvironmental interpretation of magnetic properties of sediment from Upper Klamath Lake (Oregon): effects of weathering and mineralogical sorting. *J. Paleolimnol.* 31: 253-265.