

# El registro sedimentario del lago Sant Maurici (Pirineos Centrales)

## *The Sant Maurici Lake sedimentary record (Central Pyrenees)*

Miguel Ángel Calero<sup>1</sup>, Blas L. Valero-Garcés<sup>2</sup>, Valentí Rull<sup>1</sup>, Teresa Vegas-Vilarrúbia<sup>3</sup>, Sandra Garcés-Pastor<sup>1,3</sup>, Julià López-Vila<sup>1</sup> y Jesús Julio Camarero<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Ciencias de la Tierra Jaume Almera (ICTJA-CSIC). C/ Lluís Solé i Sabarís s/n, 08028 Barcelona, España.

m.angel\_17@hotmail.com, vrull@ictja.csic.es, sgarcespastor@gmail.com, julilopezvila@gmail.com

<sup>2</sup> Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC). Avda. Montañana 1005, 50059 Zaragoza, España. blas@ipe.csic.es, jjcamarero@ipe.csic.es

<sup>3</sup> Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona. Avda. Diagonal 645, 08028 Barcelona, España. tvegas@ub.edu

### ABSTRACT

*The St. Maurici Lake (1.004818 E, 42.580801 N, 1924 m a.s.l.) is located in the eastern area of "Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici", Central Pyrenees, Catalonia. The lake occupies an over-excavated basin behind a terminal moraine. This paper aims to reconstruct the evolution of depositional environments and their relation to climate evolution since deglaciation to the present, based on a 8.7-m long sequence retrieved in the deepest part of the lake and a preliminary chronological model with three <sup>14</sup>C AMS dates. After the glacial retreat carbonatic very fine sands and silts without organic matter were deposited in a proglacial environment. Early Holocene sediments are massive fine sands to laminated sandy silts with increasing organic content and some sand layers. A sedimentary hiatus occurred during the mid Holocene and the sedimentation re-started after ca. 4 ka with deposition of organic facies. Changes in clastic content reflect centennial scale run-off variability during the last millennia.*

**Key-words:** deglaciation, Holocene, Pyrenees, sedimentology, lake.

*Geogaceta*, 59 (2016), 11-14  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

### Introducción

Aunque son numerosos los trabajos sobre el Cuaternario de los Pirineos, la evolución ambiental y climática del último ciclo glacial no está bien definida cronológicamente (García Ruiz *et al.*, 2014) y presenta variabilidad regional así como diferencias en la máxima extensión de los glaciares y las fases de expansión, estabilización y retroceso (Pérez-Sanz *et al.*, 2013). Las cronologías disponibles indican que glaciares de los Pirineos desaparecieron casi totalmente de los valles hacia los 15 ka BP retirándose a los circos de mayor altura. Avances durante el

Younger Dryas y el Neoglacial se han documentado en varias zonas del Pirineo (González-Sampériz *et al.*, 2006; Jiménez-Sánchez *et al.*, 2012), así como pulsaciones menores durante los períodos fríos y húmedos del Holoceno reciente como hace unos 2,5, 1,5 y 0,5 ka en el circo de Marboré (Valle de Pineta, García-Ruiz *et al.*, 2014). Las fluctuaciones de la vegetación de alta montaña han sido controladas mayormente por la evolución del clima, desarrollando bosques a partir de la deglaciación que alcanzaron su máxima extensión en el Holoceno medio (Montserrat, 1992). En los últimos milenios, la influencia del impacto humano ha sido mucho más sig-

### RESUMEN

*El Lago de St. Maurici (1.004818 E, 42.580801 N, 1924 m s.n.m) se localiza en la zona oriental del "Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici", Pirineos Centrales, Catalunya. El lago ocupa una cuenca de sobre-excavación detrás de una morrena terminal. El objetivo de este trabajo es reconstruir la evolución de los ambientes de depósito y su relación con la variabilidad climática desde la deglaciación hasta la actualidad, basándose en un sondeo de 8,7 m de longitud de la zona profunda del lago y un modelo de edad preliminar con tres dataciones AMS <sup>14</sup>C. Tras la retirada del glaciar, se sedimentó una secuencia de arenas carbonatadas muy finas y limos arcillosos sin materia orgánica, propios de un lago pro-glacial. El Holoceno temprano se caracteriza por facies de arenas finas masivas que pasan a facies de limos arenosos laminados con un aumento progresivo del contenido en materia orgánica y con algunas capas de arenas. La secuencia presenta un hiato sedimentario durante el Holoceno medio. Desde el re-inicio de la sedimentación en el Holoceno tardío (ca. 4 ka) se han depositado facies organógenas.*

**Palabras clave:** deglaciación, Holoceno, Pirineos, sedimentología, lago.

Fecha de recepción: 30 de junio de 2015  
Fecha de revisión: 20 de octubre de 2015  
Fecha de aceptación: 27 de noviembre de 2015

nificativa (Rull *et al.*, 2011; Morellón *et al.*, 2012; Pérez-Sanz *et al.*, 2013).

En este trabajo aportamos nuevos datos sobre la evolución de la deglaciación y el Holoceno en el Pirineo Central a partir del análisis sedimentológico y geoquímico del registro sedimentario obtenido de los sondeos extraídos en el Estany de Sant Maurici (Pirineos Centrales, NE España).

### La cuenca y el lago

El sustrato de la cuenca de sedimentación del Lago de Sant Maurici (15,91 km<sup>2</sup> de superficie) está dominado por granitos

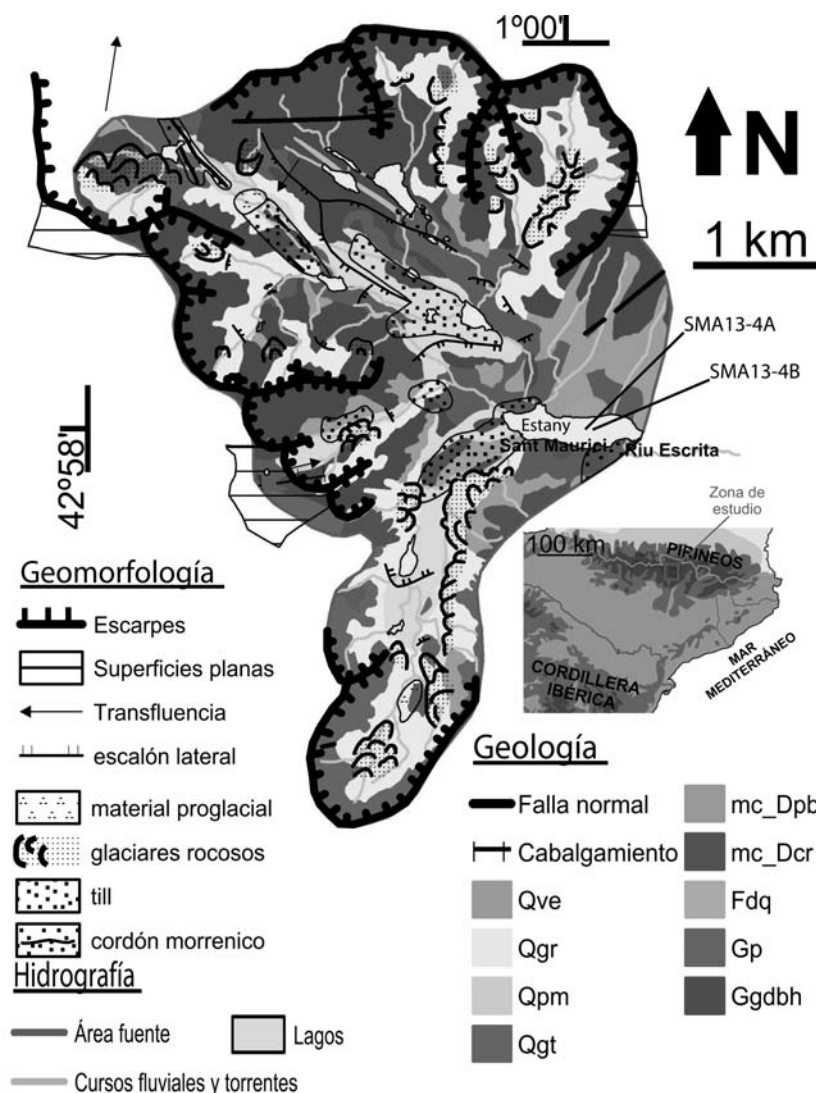


Fig. 1.- Mapa geológico y geomorfológico de la cuenca de recepción del Estany de Sant Maurici. Modificado de Ventura (1983) y Roca i Adrover *et al.* (2010). Figura en color en la web.

Fig. 1.- Geological and geomorphic map of Sant Maurici's Lake Watershed. Modified from Ventura (1983) and Roca i Adrover *et al.* (2010). Colour figure on the web.

porfídicos (Gp) y granodioritas biotítico-hornbléndicas (Ggdbh) del batolito de la Maladeta y algunos filones de pórfidos (Fdq). La intrusión del batolito durante el Carbonífero-Pérmico provocó metamorfismo de contacto de los materiales previos dando origen a mármoles (mc\_Dcr), filitas y corneanas (mc\_Dpb) (Evans *et al.*, 1998). Por encima de los materiales paleozoicos, encontramos los depósitos cuaternarios formados por tills compuestos de bloques y arenas (Qgt), morrenas con bloques de arenas y limos (Qpm), depósitos glaciales y periglaciales compuestos de clastos y bloques angulosos con poca matriz asignados al Pleistoceno-Holoceno y depósitos holocenos de ladera compuestos por bloques y gravas (Qve) (Fig. 1).

El lago Sant Maurici se sitúa detrás de una morrena terminal y es de forma alargada y con orientación E-W, siguiendo el valle glacial. En el 2008 se hicieron diversas mediciones (Informe CHE, 2011), el lago

tenía una superficie de 22 ha, un volumen de 1,94 hm<sup>3</sup>, una profundidad máxima de 18 m y un tiempo de residencia de las aguas de 36 h. El río Espot drena el lago que fue represado en 1953.

**Material y métodos**

Este trabajo se basa en los análisis sedimentológicos y geoquímicos de 2 sondeos largos (SMA13-4A de 877 cm y SMA13-4B de 732 cm), obtenidos a través de un sondeador *Uwitec* desde una plataforma flotante, y de 2 sondeos de gravedad (SMA13-4A-1G de 137,5 cm y SMA13-4B-1G de 105 cm) obtenidos durante la campaña de campo de Octubre del 2013.

Los sondeos se abrieron y fotografiaron con un scanner de alta resolución. Se realizaron análisis de carbono total (TC), carbono orgánico (TOC) e inorgánico (TIC), nitrógeno (TN) y azufre (TS) en muestras de 1 cm<sup>3</sup> cada 2 cm en un analizador LECO del IPE (CSIC).

El análisis de fluorescencia de Rayos X, mediante un Avaatech XRF Core Scanner de la Universidad de Barcelona, se realizó con resolución de 0,5 cm.

La definición y caracterización de facies sedimentarias se realizó a partir de las observaciones visuales de los sondeos y el análisis de frotis siguiendo la metodología descrita en Schnurrenberger *et al.* (2003).

Tres muestras de sedimento total y restos de madera se dataron mediante AMS <sup>14</sup>C en los laboratorios de Beta Analytic de Miami y se calibraron mediante el protocolo INTCAL09 (Heaton *et al.*, 2009). Las unidades basales no pudieron datarse debido a la falta de materia orgánica (Tabla I).

**Resultados**

La secuencia completa de St. Maurici se reconstruyó con el sondeo principal (SMA13-4B) completado en algunas sec-

Tipo de muestra	Sigla Laboratorio	Profundidad real (cm)	δ <sup>13</sup> C (‰)	Edad (años BP)	Edad calibrada (años cal BP)
Madera	SMA13-4B-2U-2 12-14 cm	347,5	-24,7	3660 ± 30	3985
Sedimento total	SMA13-4B-3U 63-65 cm	465,2	-27,5	8390 ± 40	9431
Sedimento total	SMA13-4B-4U-1 47-49 cm	591,2	-27,3	8760 ± 40	9755

Tabla. I.- Muestras de la secuencia de St. Maurici analizadas para datación de AMS <sup>14</sup>C.

Table. I.- AMS <sup>14</sup>C samples in St. Maurici sequence.

ciones con el sondeo paralelo (SMA13-4A-4U y SMA13-4A-5U) en la parte inferior y con el sondeo corto SMA13-4B-1G en la zona superior han sido definidas 5 unidades litológicas (Fig. 2):

- Unidad A (0-372 cm) que está compuesta por facies de limos orgánicos y caracterizada por los mayores valores de materia orgánica (TC). Los valores de Si, Ti y Fe de la unidad muestran grandes variaciones indicando cambios en el aporte clástico. Esta unidad se ha dividido en dos subunidades:

A<sub>1</sub> (0-277,3 cm) formada por facies de limos orgánicos de color negro (facies 1) con algunas capas, minoritarias, más orgánicas situadas hacia la base de la subunidad. A<sub>2</sub> (277,3-372 cm) compuesta por la alternancia de limos orgánicos (facies 1) y facies de arenas muy finas masivas de color negro con abundantes macrorestos vegetales de origen terrestre (facies 2).

- Unidad B (372-552 cm) formada por la alternancia de facies laminadas de limos arenosos negros (facies 5) y limos arenosos grises (facies 6) con capas de arenas medias y gruesas de base erosiva (facies 4). La unidad presenta un descenso significativo de los valores de TC y TS y un aumento drástico de los valores Si, Ti y Fe.

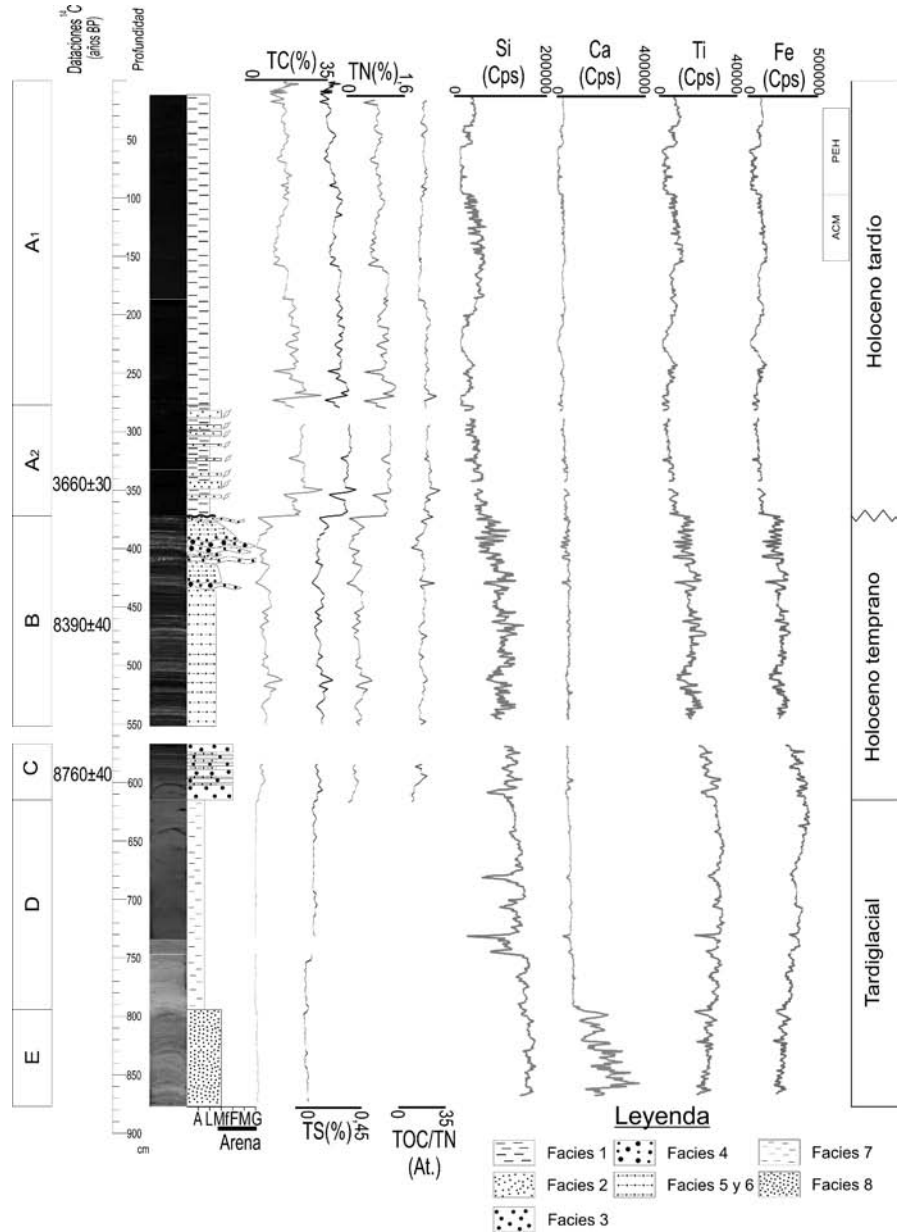
- Unidad C (567-614,8 cm) que está formada por arenas finas masivas de color marrón claro con intercalaciones de limos arenosos (facies 3) y limos arenosos grises laminados (facies 6) con escaso contenido en TC.

- Unidad D (614,8-792 cm) que está formada por limos arcillosos grises masivos (facies 7) caracterizados por la ausencia de componentes biogénicos y bajos porcentajes de TC (< 0,5%). Contiene los valores de Ti más elevados de la secuencia.

- Unidad E (792-877 cm) que incluye arenas muy finas grises, masivas o bandeadas, con carbonatos exógenos (facies 8) y un aumento significativo de la proporción de Ca con respecto a las otras unidades.

**Discusión y conclusiones**

Las ocho facies identificadas (Fig. 3) en St. Maurici se han agrupado en dos grandes tipos en función de su composición: organogénicas (facies 1) y clásticas, subdivididas en facies ricas en materia orgánica con un contenido variable en TOC entre 0,1% y 32% (facies de la 2 a la 6) y facies



**Fig. 2.- Secuencia de St. Maurici: facies sedimentarias, unidades litológicas, indicadores geoquímicos y dataciones. A: Arcilla, L: Limo, Mf: Arena muy fina, F: Arena fina, M: Arena media, G: Arena gruesa. Figura en color en la web.**

*Fig. 2.- St. Maurici's secuencia: sedimentary facies, lithological units, geochemical proxies and <sup>14</sup>C dates. A: Clay, L: Silt, Mf: Very fine sand, F: Fine sand, M: Middle sand, G: Coarse sand. Colour figure of the web.*

con escasa materia orgánica con valores de TOC < 0,5% (facies 7 y 8). De acuerdo con el modelo cronológico preliminar, las unidades basales (D y E) son pre-holocenas; las intermedias (B y C) se depositaron durante el Holoceno temprano y la superior (A) durante el Holoceno tardío.

La secuencia de St. Maurici se inicia con la sedimentación de las únicas facies (8) con contenido significativo en carbonatos detríticos. La única posible área fuente se sitúa en la zona SE de la cuenca, donde afloran formaciones metamórficas de tipo corneana-mármoles (mc\_Dpb y mc\_Dcr en

Fig. 1). La presencia de carbonatos terrígenos indicaría que la cuenca de sedimentación del lago estaba cubierta aún por los glaciares excepto en las zonas más orientales que drenaban los afloramientos de mármoles. La sedimentación de las facies 7 con descenso del porcentaje en carbonatos se interpreta como un efecto del retroceso de los glaciares que permite un aporte clástico dominante de material perteneciente al batolito granítico de la Maladeta.

El Holoceno temprano de St. Maurici está marcado por el inicio de la sedimentación de las facies de arenas finas (facies 3) con

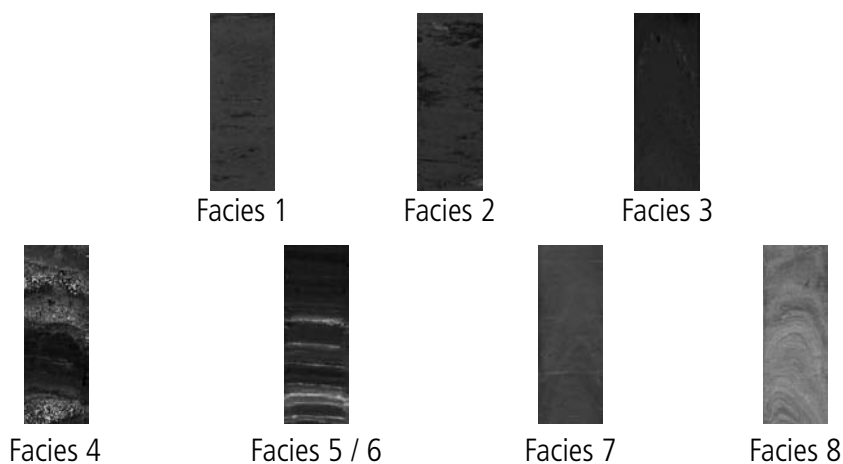


Fig. 3.- Facies sedimentarias del Estany de Sant Maurici.

Fig. 3.- Sedimentary facies of St. Maurici lake.

un incremento de materia orgánica indicando la retirada casi total de los glaciares y condiciones en el lago de mayor productividad. Los valores de Ti y Fe siguen siendo muy elevados mostrando la gran cantidad de material disponible en la cuenca pero inician un decrecimiento debido posiblemente al aumento de la cubierta vegetal.

La alternancia de facies de limos arenosos negros (facies 5) y grises (facies 6) durante el Holoceno temprano muestra una evolución ambiental del lago hacia condiciones de mayor productividad con, probablemente, anoxia en el fondo, pero con importantes aportes clásticos indicados por capas de arenas con base erosiva depositadas durante avenidas.

El hiato sedimentario durante el Holoceno medio (ca. 8-4 ka BP) fue debido, probablemente, a la falta de depósito o incluso erosión durante un periodo de niveles del lago bajos.

La sedimentación lacustre en la cuenca del lago de St. Maurici se reinició hace unos 4000 años en un ambiente muy somero, dominado por facies orgánicas. La variabilidad de facies e indicadores geoquímicos se interpretan como el balance entre productividad, y el aporte alóctono de materia orgánica y sedimento clástico.

Aunque el modelo cronológico es preliminar, estos cambios muestran periodos

con descenso de los aportes clásticos (valores menores de Si, Ti y Fe) en la primera fase de reactivación de la sedimentación lacustre (subunidad A2 y parte inferior de la A1) y durante época reciente, que corresponden con momentos de baja escorrentía superficial y periodos con mayores aportes y, por lo tanto, más escorrentía superficial. La adscripción de estos periodos con escorrentía a la Pequeña Edad del Hielo (PEH en Fig. 2), y los de menor aporte de sedimentos a la Anomalía Climática Medieval (ACM en Fig. 2), y el siglo XX necesita de un modelo cronológico más robusto.

### Agradecimientos

El proyecto RECREO del Organismo Autónomo de Parques Nacionales (OPAN-387/2011) ha financiado este estudio. También agradecemos la revisión del manuscrito al Dr. Carlos Liesa y al Dr. Antonio Pérez.

### Bibliografía

- CHE (2011). Ficha técnica de la Red de Lagos: Muestreo del Estany de Sant Maurici. Confederación Hidrográfica del Ebro. (Inédita).
- Evans, N.G., Gleizes, G., Leblanc, D. y Bouchez, J. (1998). *Journal of the Geological Society* 155, 209-216.

García-Ruiz, J.M., Palacios, D., de Andrés, N., Valero-Garcés, B.L., López-Moreno, J.I. y Sanjuán, Y. (2014). *The Holocene* 24, 1439-1452.

González-Sampérez, P., Valero-Garcés, B.L., Moreno, A., Jalut, G., García-Ruiz, J.M., Martí-Bono, C., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Otto, T. y Dedoubat, J.J. (2006). *Quaternary Research* 66, 38-52.

Heaton, T.J., Blackwell, P.G., Buck, C.E. (2009). *Radiocarbon* 51, 1151-1164.

Jiménez-Sánchez, M., Rodríguez-Rodríguez, L., García-Ruiz, J.M., Domínguez-Cuesta, M.J., Fariás, P., Valero-Garcés, B., Moreno, A., Rico, M. y Valcárcel, M. (2012). *Geomorphology* 196, 50-64.

Montserrat, J. (1992). *Evolución glacial y postglacial del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: estudio paleológico*. IPE-CSIC. Zaragoza, 170 p.

Morellón, M., Pérez-Sanz, A., Corella, J.P., Büntgen, U., Catalán, J., González-Sampérez, P., González-Trueba, J.J., López-Sáez, J.A., Moreno, A., Pla-Rabes, S., Saz-Sánchez, M.Á., Scussolini, P., Serrano, E., Steinhilber, F., Stefanova, V., Vegas-Vilarrúbia, T. y Valero-Garcés, B. (2012). *Climate of the Past* 8, 683-700.

Pérez-Sanz, A., González-Sampérez, P., Moreno, A., Valero-Garcés, B., Gil-Romera, G., Rieradevall, M., Tarrats, P., Lasheras-Álvarez, L., Morellón, M., Belmonte, A., Sancho, C., Sevilla-Callejo, M. y Navas, A. (2013). *Quaternary Science Reviews* 73, 149-169.

Roca i Adrover, A., Miranda i Canals, J., Losantos, M., Berástegui, X. y Tícol i Duran, I. (2010). *Atlas Geológico de Cataluña 1:50.000*. Instituto Geológico de Catalunya, Barcelona, 463 p.

Rull, V., González-Sampérez, P., Morellón, M. y Giralt, S. (2011). *Journal of Paleolimnology* 46, 387-404.

Schnurrenberger, D., Russell, J. y Kelts, K. (2003). *Journal of Paleolimnology* 29: 141-154.

Ventura, J. (1983). *Geomorfología glacial de la Vall d'Espot*. Tesis de Licenciatura, Universitat de Barcelona, 229 p.