

IV Reunión de Geomorfología  
Grandal d'Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J., Eds.  
1996, Sociedad Española de Geomorfología  
O Castro (A Coruña)

## EL REGISTRO SEDIMENTARIO DEL CUATERNARIO RECIENTE EN EL LAGO REDÓ D'AIGÜES TORTES (PIRINEOS CENTRALES)

Copons, R. y Bordonau, J.

Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia, Universitat de  
Barcelona, C/ Martí Franquès s.n., 08028 Barcelona

### RESUMEN

El estudio del registro sedimentario del lago Redó d'Aigües Tortes (Pirineos Centrales) permite analizar la evolución paleoambiental en los alrededores del lago desde el final del Último Ciclo Glaciar hasta la actualidad (Pleistoceno Superior-Holoceno). El relleno sedimentario se inicia alrededor de los 13500 años BP con la sedimentación de ritmitas glaciolacustres que indican la presencia de glaciares en la zona de influencia del lago hasta el inicio del Holoceno (9980 años BP). Durante el Holoceno, la sedimentación es predominantemente de tipo orgánico aunque algunas intercalaciones detríticas puedan corresponder tanto a fluctuaciones climáticas como a fenómenos de inestabilidad en las laderas que bordean el lago (deslizamientos y/o aludes).

**Palabras clave:** Ritmitas glaciolacustres, *gyttja*, Pleistoceno Superior, Holoceno, Pirineos.

### ABSTRACT

The study of the sedimentary record from Lake Redó d'Aigües Tortes (Central Pyrenees) allows us to recognize the paleoenvironmental evolution in the surrounding area since the end of the Last Glacial Cycle (Upper Pleistocene-Holocene). The sedimentary filling begins at about 13500 years BP with the sedimentation of glaciolacustrine rhythmites showing the existence of glaciers in the cirque area up to the beginning of the Holocene (9980 years BP). During the Holocene, the prevailing organic sedimentation is interrupted by detritic levels that would correspond either to climatic fluctuations or to landslides/snow avalanches in the slopes bordering the lake.

**Key-words:** Glaciolacustrine rhythmites, *gyttja*, Upper Pleistocene, Holocene, Pyrenees.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enmarca dentro del proyecto titulado "Estudio biogeoquímico, ecológico y paleolimnológico de los sedimentos de los lagos de los Pirineos", que tiene como principal objetivo estudiar los cambios climáticos acontecidos en los Pirineos desde el Pleistoceno Superior hasta la actualidad, poniendo una especial atención a los cambios más recientes (Pequeño Óptimo Climático, Pequeña Edad del Hielo y cambio climático actual, entre otros). En dicho proyecto, en el año 1993 se realizó una campaña geomorfológica en el Macizo de la Maladeta (COPONS, 1994; COPONS y BORDONAU, 1994), con el fin de seleccionar un lago idóneo para estudiar su registro sedimentario y obtener datos sobre los cambios climáticos acontecidos durante el Holoceno y, en especial, durante la Pequeña Edad del Hielo. El lago escogido fue el lago de Barrancs, realizándose un sondeo en mayo de 1994. Posteriormente, en abril de 1995 se realizaron dos nuevos sondeos, en este caso en el lago Redó d'Aigües Tortes, ubicado en la cabecera del valle de Sant Nicolau (Noguera Ribagorçana), con el fin de estudiar las últimas fases del Último Ciclo Glaciar, el tránsito Pleistoceno-Holoceno y los cambios acontecidos durante el Holoceno. El objetivo del presente artículo es presentar los primeros resultados obtenidos en los sondeos realizados en el lago Redó d'Aigües Tortes.

## SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

El lago Redó d'Aigües Tortes se sitúa en la cabecera del valle de Sant Nicolau, afluente del valle de Boí que, a su vez, es afluente del río Noguera Ribagorçana (figura 1). El lago Redó se localiza en la vertiente sur de los Pirineos, a una altura de 2120 metros, estando rodeado por picos que superan los 2500 metros, entre los que destaca el pico de Colomers (2931 m). Aguas arriba del lago Redó se encuentran otros pequeños lagos, siendo el mayor de ellos el lago de Bergús (2441 m). En cuanto a la litología del substrato, tanto el lago Redó como toda su cuenca hidrográfica se localiza dentro del batólito tardiherciniano de la Maladeta, compuesto por rocas granodioríticas intruidas por diversas rocas filonianas.

## CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO

Durante la máxima extensión de los glaciares en el Último Ciclo Glaciar Cuaternario, al que BORDONAU (1992) atribuye una edad de 45000 años BP, el valle de Sant Nicolau estaba ocupado por un glaciar que era afluente de otro mayor localizado en el valle de Boí (MARTÍ RIBA, 1980), que no llegaba a confluir con el glaciar de la Noguera Ribagorçana (VILAPLANA, 1983). Al máximo glaciar le sigue la deglaciación, caracterizada por el retroceso generalizado del frente del glaciar de Boí. No obstante, durante la deglaciación se manifiestan pequeños reavances o estabilizaciones del frente glaciar, que permiten definir diferentes fases glaciares (BORDONAU *et al.*, 1992). En la cabecera del valle de Sant Nicolau únicamente se observan pequeñas morrenas correspondientes a los últimos episodios glaciares, que pueden correlacionarse con la Fase de Glaciares de Altitud y la Fase de

Glaciares Rocosos, definidas por BORDONAU (1992) y BORDONAU *et al.* (1992). El estudio geomorfológico de este sector (figura 1) permite observar un conjunto de formas de erosión y de acumulación de origen glaciár. Las formas de erosión más evidentes son los circos y las cubetas de sobreexcavación, mientras que las formas de acumulación más representativas son las morrenas glaciares. Tanto el lago Redó como el lago de Bergús se encuentran ocupando antiguas cubetas de sobreexcavación glaciár. En cuanto a las formas de acumulación, las morrenas más representativas son tres: la primera es la morrena frontal que obtura el lago Llong, a 1990 m de altitud; una segunda morrena de menor tamaño se sitúa rodeando la cubeta de sobreexcavación del lago Redó, a unos 2240 m de altitud y, finalmente, una tercera morrena es la que se localiza por encima de los 2500 m, aguas arriba del lago de Bergús. La correlación de estas morrenas con las fases glaciares pirenaicas definidas por BORDONAU (1992) y BORDONAU *et al.* (1992), permite atribuir la morrena del Llong al Episodio de Glaciares de Valle en Altitud y la morrena del Redó al Episodio de Glaciares de Circo, ambos episodios correspondientes a la Fase de Glaciares de Altitud, por lo que su edad estaría comprendida entre 13000 y 16000 años BP. La morrena localizada aguas arriba del lago de Bergús, podría corresponder a la Fase de Glaciares Rocosos.

#### EL REGISTRO SEDIMENTARIO LACUSTRE

La obtención del sedimento lacustre del lago Redó se realizó mediante la instalación de una plataforma de sondeo encima de la capa de hielo invernal (abril de 1995). Se realizaron dos sondeos en el centro de la cubeta, separados entre sí por una distancia de dos metros (sondeos A y B), obteniéndose para cada uno de ellos y mediante siete maniobras una columna de sedimento de unos 8 metros. En el laboratorio se realizó un análisis de la susceptibilidad magnética de ambos sondeos (figura 2). Posteriormente, se procedió a la obertura del sondeo B, del cual hasta el momento se ha realizado un análisis sedimentológico y diversas dataciones.

#### ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA

El análisis de la susceptibilidad magnética de los dos sondeos (*whole core susceptibility*) permite realizar una primera correlación de los mismos. El resultado obtenido para los dos sondeos se representa en la figura 2. Los picos de mayor susceptibilidad magnética corresponden a un sedimento rico en minerales ferromagnéticos (pirrotinas, magnetitas, etc.) y paramagnéticos (micas biotitas, ilmenitas, etc.), mientras que los tramos con susceptibilidad magnética próxima a cero corresponden a sedimentos predominantemente orgánicos.

### ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO Y SEDIMENTOLÓGICO

El análisis estratigráfico de uno de los sondeos (sondeo B) (figura 3) permite observar la presencia de dos unidades claramente diferenciadas. La unidad inferior, con una potencia aproximada de 3 metros, se caracteriza por la presencia de un sedimento rico en elementos detríticos, principalmente limos y arenas, con laminación milimétrica, *dropstones* e intercalaciones de pequeñas capas granodecrecientes, pudiendo corresponder toda esta unidad a ritmitas glaciolacustres. La unidad superior, con una potencia aproximada de 5 metros, corresponde a un sedimento rico en materia orgánica, con abundantes fragmentos vegetales entre los que destacan hojas, ramas e incluso piñas de la especie *Pinus uncinata*. Este sedimento formado casi exclusivamente por materia orgánica (*gyttja*) es característico de lagos con pocos aportes sedimentarios. Dentro de la *gyttja* también se observan pequeños niveles esporádicos constituidos por clastos muy angulosos. En la base de esta unidad orgánica se observan dos niveles detríticos, muy evidentes en el análisis de susceptibilidad magnética, formados por capas granodecrecientes e intercalaciones de gravas. El tránsito entre las ritmitas glaciolacustres y la *gyttja* es gradual.

El análisis granulométrico de las muestras del sondeo B (figura 4) permite observar las variaciones en los porcentajes relativos de las partículas de tamaño arcilla, limo y arena. A lo largo de todo el sondeo puede observarse que el porcentaje de partículas de tamaño arcilla es muy bajo, aunque es ligeramente mayor en la unidad de ritmitas glaciolacustres que en la unidad orgánica. El porcentaje de partículas de tamaño limo es muy variable a lo largo de toda la columna sedimentaria, presentando valores mínimos en la base del sedimento orgánico. En cuanto al porcentaje de arena, también muy variable, se registran valores máximos asociados a las secuencias granodecrecientes observadas tanto en la unidad inferior (ritmitas glaciolacustres) como en la base de la unidad orgánica superior.

### DATAACIONES

Las dataciones absolutas  $^{14}\text{C}$  se han realizado mediante la técnica del espectrómetro acelerador de masas (AMS), obteniéndose también la relación  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ . Se han realizado un total de once dataciones, representándose los niveles muestreados y las edades obtenidas en la columna estratigráfica de la figura 3. La base del sondeo corresponde a una edad de  $13470 \pm 60$  años BP (Beta-88385), el tránsito entre las ritmitas glaciolacustres y la *gyttja* se sitúa alrededor de los  $9880 \pm 60$  años BP (Beta 88384) y las secuencias granodecrecientes de la base de la unidad orgánica entre los  $9230 \pm 60$  años BP (Beta 88395) y los  $8790 \pm 60$  años BP (Beta 88394). En la figura 5 se representan las edades obtenidas en función de la profundidad, observándose un buen ajuste lineal, hecho que indica una coherencia en los resultados obtenidos. La tasa de sedimentación es mucho más alta en las ritmitas glaciolacustres (aproximadamente 2 mm/año) que en el sedimento orgánico (aproximadamente 0.6 mm/año), lo que indica un mayor aporte detrítico durante la sedimentación de las ritmitas de la unidad inferior.

### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Estos primeros resultados permiten la reconstrucción de la evolución paleoambiental en la cuenca del lago Redó. La edad obtenida para la base del sondeo, 13470 años BP, indica que la cubeta de sobreexcavación glaciaria del Redó quedó desprovista de hielo glaciario poco antes de esta fecha. De este modo, la edad de la morrena que rodea el lago Redó sería anterior y próxima a los 13470 años BP, edad que corresponde a la propuesta por BORDONAU (1992) para la Fase de Glaciares de Altitud. Las ritmitas que constituyen la base del relleno sedimentario del lago Redó son típicas de un ambiente lacustre proglaciario (ASHLEY, 1975; STURM y MATTER, 1978), con una tasa de sedimentación elevada (2 mm/año). La mayor proporción de partículas de tamaño arcilla en las ritmitas puede explicarse como el resultado de la abrasión glaciaria sobre el substrato rocoso. El tránsito entre las ritmitas glaciolacustres y el sedimento orgánico de la unidad superior se sitúa alrededor de los 9880 años BP, correspondiendo al límite Pleistoceno-Holoceno. El sedimento orgánico, con abundantes fragmentos vegetales, marca un período con una tasa de sedimentación baja (0.6 mm/año) y pocos aportes detríticos, debido a la ausencia de un glaciar aguas arriba del lago. Las secuencias granodecrecientes localizadas en la base del sedimento orgánico y los diversos niveles detríticos que se encuentran intercalados en dichos sedimentos podrían indicar tanto una actividad glaciaria (posiblemente a principios del Holoceno) como la existencia de deslizamientos y/o aludes que alcanzaron la cubeta lacustre.

En un futuro, todos estos resultados se completarán con los análisis del contenido biológico (diatomeas, quironómidos, pigmentos, etc.) que actualmente se llevan a cabo en el Departament d'Ecologia (Universitat de Barcelona), con objeto de obtener una información más precisa sobre la evolución paleoclimática y paleoambiental durante el Pleistoceno superior y el Holoceno en la cuenca del lago Redó d'Aigües Tortes.

## CONCLUSIONES

La cubeta de sobreexcavación del lago Redó d'Aigües Tortes estuvo cubierta por el hielo glaciario hasta el Episodio de Glaciares de Circo; posteriormente, hacia los 13500 años BP, el lago quedó descubierto de hielo iniciándose su relleno sedimentario. La unidad inferior del registro sedimentario del lago Redó corresponde a un ambiente glaciolacustre que indicaría la presencia de un glaciar aguas arriba del lago. La sedimentación de ritmitas glaciolacustres perdura hasta los 9980 años BP, momento en que los glaciares desaparecen de la cuenca coincidiendo con el tránsito Pleistoceno-Holoceno. Posteriormente, la tasa de sedimentación disminuye bruscamente, iniciándose la sedimentación predominantemente orgánica, pobre en aportes detríticos que indicaría la ausencia de un glaciar aguas arriba del lago. Este sedimento orgánico está interrumpido esporádicamente por pequeñas láminas arenosas que podrían asociarse a aludes de nieve que llegaron a afectar la cubeta lacustre.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto CICYT AMB93-0814-C02-01 (Estudio biogeoquímico, ecológico y paleolimnológico de los sedimentos de los lagos de los Pirineos). El Parc Nacional d'Aigües Tortes i Sant Maurici concedió el permiso para llevar a cabo el sondeo en el lago Redó. Los análisis de susceptibilidad magnética se realizaron en el Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera (CSIC). Carlos Martí Bono (Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC) participó en la primera campaña de sondeo del lago Barrancs, aportando su experiencia en las técnicas de sondeo. Lluís Camarero, Boris Weitzmann y Xavier Lluçh (Dpt. d'Ecologia, UB) participaron en la campaña de sondeo del lago Redó. Antoni Calafat y Ramón Castilla (Dpt. de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia, UB) prestaron su ayuda en el análisis granulométrico.

### BIBLIOGRAFÍA

- ASHLEY, G.M. (1975): Rhythmic sedimentation in glacial Lake Hitchcock, Massachusetts-Connecticut. *Glaciofluvial and Glaciolacustrine Sedimentation* (Jopling, A.V.; McDonald, B.C., Eds.) Spec. Publs. Soc. Econ. Paleont. Miner., Tulsa, 23, p. 304-320.
- BORDONAU, J. (1992): *Els complexos glàcio-lacustres relacionats amb el darrer cicle glacial als Pirineus*. Geoforma Ediciones, 251 pp., Logroño.
- BORDONAU, J.; SERRAT, D. y VILAPLANA, J.M. (1992): Las fases glaciares cuaternarias en los Pirineos. *The Late Quaternary in the Western Pyrenean Region* (Cearreta, A y Ugarte, F.M., Eds), Servicio Editorial Universidad del País Vasco, p. 303-312, Bilbao.
- COPONS, R. (1994): *Estudi geomorfològic del Massís de la Maladeta (Alta Conca de l'Ésera): El Darrer Cicle Glacial i la Petita Edat del Gel*. 118 pp. + 1 mapa 1/25.000. Tesis de Licenciatura. Dpt. de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia, Universitat de Barcelona, Inédita.
- COPONS, R. y BORDONAU, J. (1994): La Pequeña Edad del Hielo en el Macizo de La Maladeta (Alta Cuenca del Ésera, Pirineos Centrales), *El glaciario surpirenaico: Nuevas aportaciones* (Martí Bono, C.; García-Ruiz, J.M., Eds.), Geoforma Ediciones, p. 111-124, Logroño.
- MARTÍ RIBA, J. (1980): *Morfologia glacial i periglacial de la Ribera de Sant Nicolau (Alta Ribagorça)*. *Iniciació a l'estudi de la dinàmica actual*. 129 pp. Tesis de Licenciatura. Dpt. de Geografia, Universitat de Barcelona, Inédita.
- STURM, M. y MATTER, A. (1978): Turbidites and varves in Lake Brienz (Switzerland): deposition of clastic detritus by density currents. *Spec. Publs. int. Ass. Sediment.*, 2, p. 147-168.
- VILAPLANA, J.M. (1983): Quaternary Glacial Geology of Alta Ribagorça Basin (Central Southern Pyrenees). *Acta Geològica Hispànica*, 18, 3/4, p. 217-233.

### Pies de Figura

Figura 1: Situación geográfica del lago Redó d'Aigües Tortes y esquema geomorfológico de su cuenca. Leyenda: 1. Lago; 2. Río; 3. Morrena; 4. Circo; 5. Pico; 6. Cubeta de sobreexcavación; 7. Taludes de derrubios; A. Morrena del Estany Llong; B. Morrena del Estany Redó; C. Morrena del Estany de Bergús.

Figura 2: Análisis de la susceptibilidad magnética (*whole core susceptibility*) de los dos sondeos extraídos en el lago Redó d'Aigües Tortes y correlación de los mismos.

Figura 3: Columna estratigráfica sintética del sondeo B del lago Redó d'Aigües Tortes y posición de las muestras datadas.

Figura 4: Análisis granulométrico del sondeo B del lago Redó d'Aigües Tortes.

Figura 5: Dataciones absolutas correspondientes al sondeo B del lago Redó d'Aigües Tortes.











