

Unidades evaporíticas eocenas de la Zona Surpirenaica Oriental (Área de La Garrotxa)

Eocene evaporite units of the Southeastern Pyrenean Zone (La Garrotxa area)

Emili Carrillo Álvarez

Departament Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica. Universitat de Barcelona; C/Marti Franqués s/n; 08028 Barcelona; email: ecarrillo@ub.edu

ABSTRACT

Three Eocene evaporite units are distinguished in La Garrotxa area (Southeastern Pyrenean Zone, NE Spain) on the basis of geological mapping with integrated sedimentological, structural and borehole data. These units were deposited in a foreland basin during Lutetian time: (1) the oldest and thickest one, the Borró Evaporitic Unit, was deposited in both platform setting and slope-basin environments, previously to the turbidite deposition of the Vallfogona Formation, (2) the Beuda Gypsum Unit was deposited overlying these turbidites, with no differentiated paleogeographical environments, and (3) the youngest and thinnest one, the Besalú Gypsum Unit, was deposited in a siliciclastic platform, just before the change from marine to continental conditions in the basin. As a whole, this evaporitic evolution reflects decreasing intensity in the successive salinity crises in the foreland basin in parallel with its progressive filling and loss of marine influence.

Key words: Southeastern Pyrenean Zone, platform and basin evaporites, foreland basin, Eocene.

Geogaceta, 47 (2009), 73-76
ISSN: 0213683X

Introducción

En la Zona Surpirenaica Oriental (ZSO) se puede observar una serie de unidades de yesos y anhidritas de edad eocena, que fueron depositadas en la cuenca de antepaís generada durante la colisión entre las placas de Iberia y Europea (Vergés *et al.*, 1995). Como resultado del desplazamiento de los primeros mantos, se produjo una restricción marina, dando lugar a sedimentación evaporítica en dicha cuenca (Puigdefàbregas *et al.*, 1986). Gran parte de los afloramientos de yesos y anhidritas de las citadas unidades están situados en el manto del Cadí (unidad estructural alóctona que ha actuado como cuenca de *piggy-back*), pero también han sido reconocidos en la zona autóctona (Martínez *et al.*, 2000). El conjunto de sedimentos relacionados con estas evaporitas fue depositado durante el Cuisiense – Luteciense, dando lugar a un registro estratigráfico de 2400 m (Busquets, 1981). Esta sedimentación fue sincrónica, durante algunas etapas determinadas, con el emplazamiento de los siguientes mantos: Pedraforca superior e inferior, Freser, Empordà y Apilamiento Antiformal de La Garrotxa (Martínez *et al.*, 1988) (Fig. 1).

Varios autores han aportado diferentes modelos sedimentarios para explicar

la sedimentación evaporítica en esta zona (Busquets, 1981; Puigdefàbregas *et al.*, 1986; Ortí *et al.*, 1987; Martínez *et al.*, 1997). La mayoría de estos trabajos aceptan la siguiente sucesión estratigráfica general, de base a techo: (1) margas y calizas (Fm. Armàncies), (2) margas, turbiditas y yesos (Fm. Vallfogona), (3) yesos y anhidritas (Fm. Beuda), (4) margas y areniscas (Fm. Coubet), y (5) conglomerados (Fm. Bellmunt).

Finalmente, trabajos más recientes realizados en el este de la cuenca, en el área de La Garrotxa (Martínez *et al.*, 2000), han mostrado que la sucesión estratigráfica es algo más compleja que la anteriormente citada, y han identificado hasta cuatro unidades evaporíticas. No obstante, estos trabajos no dejan clara la relación geométrica y estratigráfica existente entre las unidades evaporíticas y las siliciclásticas o carbonatadas, así como la relación entre las unidades alóctonas y las autóctonas. En este área oriental de la cuenca se puede encontrar buena parte de los afloramientos de evaporitas lutecienses de toda la ZSO, razón por la cual ha sido estudiada en detalle para el presente trabajo. El objetivo del mismo es proponer un nuevo esquema estratigráfico de las unidades evaporíticas, que se adapte a los datos de superficie y de subsuelo dentro del con-

junto de las demás unidades no evaporíticas.

Metodología

La obtención en superficie de datos estratigráficos, sedimentológicos y estructurales ha sido la base metodológica de este trabajo, junto con la adquisición, tratamiento y análisis de columnas, perfiles (*logs*) geofísicos y testigos de sondeos. Los datos espaciales, principalmente buzamientos y columnas de sondeos, han sido referenciados tridimensionalmente para su proyección e interpolación. Igualmente, se han extrapolado nuevos datos, y finalmente se han obtenido cartografías y cortes geológicos.

Descripción de las unidades evaporíticas

Mediante el mapa geológico elaborado (Fig. 2) y la caracterización de las facies, en particular de las evaporíticas, se ha identificado en el área de La Garrotxa las siguientes unidades litoestratigráficas, de base a techo: Formación Peña (calizas bioclásticas); Formación Armàncies (margas y margocalizas); Unidad Evaporítica del Borró (brechas, yeso, anhidrita, turbiditas yesíferas y

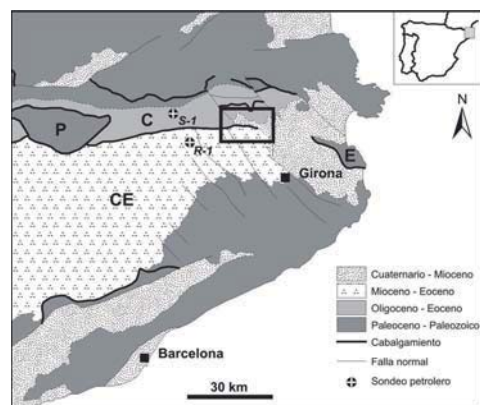


Fig. 1.- Esquema geológico de la Zona Surpirenaica Oriental, con el área estudiada en recuadro negro. Unidades estructurales: P=Mantos superior e inferior del Pedraforca; C=Manto del Cadí; E=Manto del Empordà; CE=Cuenca del Ebro. Sondeos petroleros: S-1=Serrat-1; R-1=Riudaura-1.

Fig. 1.- Geological sketch of the Southeastern Pyrenean Zone. Black box indicates the studied area. Structural units: P=Upper and lower Pedraforca thrust sheets; C=Cadí thrust sheet; E=Empordà thrust sheet; CE=Ebro foreland basin. Oil wells: S-1=Serrat-1; R-1=Riudaura-1.

siliciclásticas, y margas); Formación Vallfogona (limos laminados y turbiditas siliciclásticas); Unidad Yesos de Beuda (yeso y anhidrita); Formación Coubet inferior (margas y areniscas); Unidad Yesos de Besalú (yeso); Formación Coubet superior (margas, areniscas y conglomerados). La nomenclatura de las unidades evaporíticas reconocidas en este trabajo es informal para aquellas unidades que con anterioridad no habían sido definidas formalmente en la literatura.

Las tres unidades evaporíticas identificadas presentan facies bien diferenciadas que se describen seguidamente:

Unidad Evaporítica del Borró (UEv1)

En la zona de estudio, esta unidad aflora con facies de yeso secundario laminado blanco, gris y de tonalidades oscuras, en el que suelen abundar las facies brechosas y turbidíticas, con granos yesíferos, clastos y olistones, así como niveles limosos carbonatados. En esta misma zona la unidad fue designada como Yesos del Serrat (siglas ELgs) por Martínez *et al.* (2000). La potencia de esta unidad es muy variable a lo largo de toda la cuenca, debido a la paleogeografía, la influencia de la tectónica y al posible carácter sintectónico de la unidad durante su sedimentación.

En el presente trabajo, esta unidad se ha identificado en la zona de estudio en los sondeos hidrogeológicos Besalú-4, de Prohidro S.A. y UAB-1 de Unió Avícola de Banyoles S.A. Igualmente, se ha identificado al oeste de la zona de estudio en los sondeos petroleros Serrat-1 de Unión Texas España y Riudaura-1 de SEPE S.A., a las profundidades, respectivamente,

de 1300 a 2800 m y de 1340 a 1900 m. En los testigos del sondeo Riudaura-1 (zona autóctona), se pueden reconocer superiormente facies de anhidrita pseudomórfica de yeso selenítico (de mayor lámina de agua) e inferiormente facies de anhidrita nodular (de ambiente emergido). En el sondeo Serrat-1 (zona alóctona), y basándose en el espectro de rayos gamma, en el presente estudio se interpreta que la UEv1 está constituida por halita entre 1300 y 1550 m de profundidad, por una alternancia de lutitas y anhidritas entre 1550 y 2000 m, y por anhidritas bastante puras entre 2000 y 2800 m.

Unidad Yesos de Beuda (UEv2)

La UEv2 muestra en afloramiento una facies de yeso secundario, y en algunos puntos también de anhidrita, muy constante a lo largo de toda la cuenca, que se caracteriza por ser desde bandeada a masiva y de color blanco, y porque en ella se pueden reconocer ocasionalmente pseudomorfos de yeso selenítico. Localmente, esta unidad también puede tener facies laminadas de coloraciones grises. La potencia de esta unidad, de unos 50-70 m, es muy regular en toda la cuenca. Su distribución, no obstante, se restringe principalmente al manto del Cadí.

En la zona alóctona del área de estudio, Pallí (1972) designa esta unidad como Miembro de Beuda. Ortí *et al.* (1987) se refieren a ella en el oeste de la zona de estudio como Formación Yesos de Campdevànol (Busquets, 1981) y como Formación Beuda en La Garrotxa. En esta última área, Martínez *et al.* (2000) identifica esta unidad como Yesos de Beuda (siglas ELgbe).

Unidad Yesos de Besalú (UEv3)

Esta unidad, la más moderna del conjunto evaporítico estudiado, está compuesta por facies de yeso secundario blanco masivo y bandeado, con niveles margosos o arenosos siliciclásticos asociados. En ocasiones, esta unidad puede presentar facies gipsareníticas con estratificación cruzada. La potencia de esta unidad oscila entre 20-30 m. Su continuidad lateral no está tan bien definida como en las dos unidades anteriores, debido principalmente a que ha podido ser erosionada. En el área de La Garrotxa, Martínez *et al.* (2000) se refieren a esta unidad como Yesos de Vallfogona (siglas ELgv).

Discusión

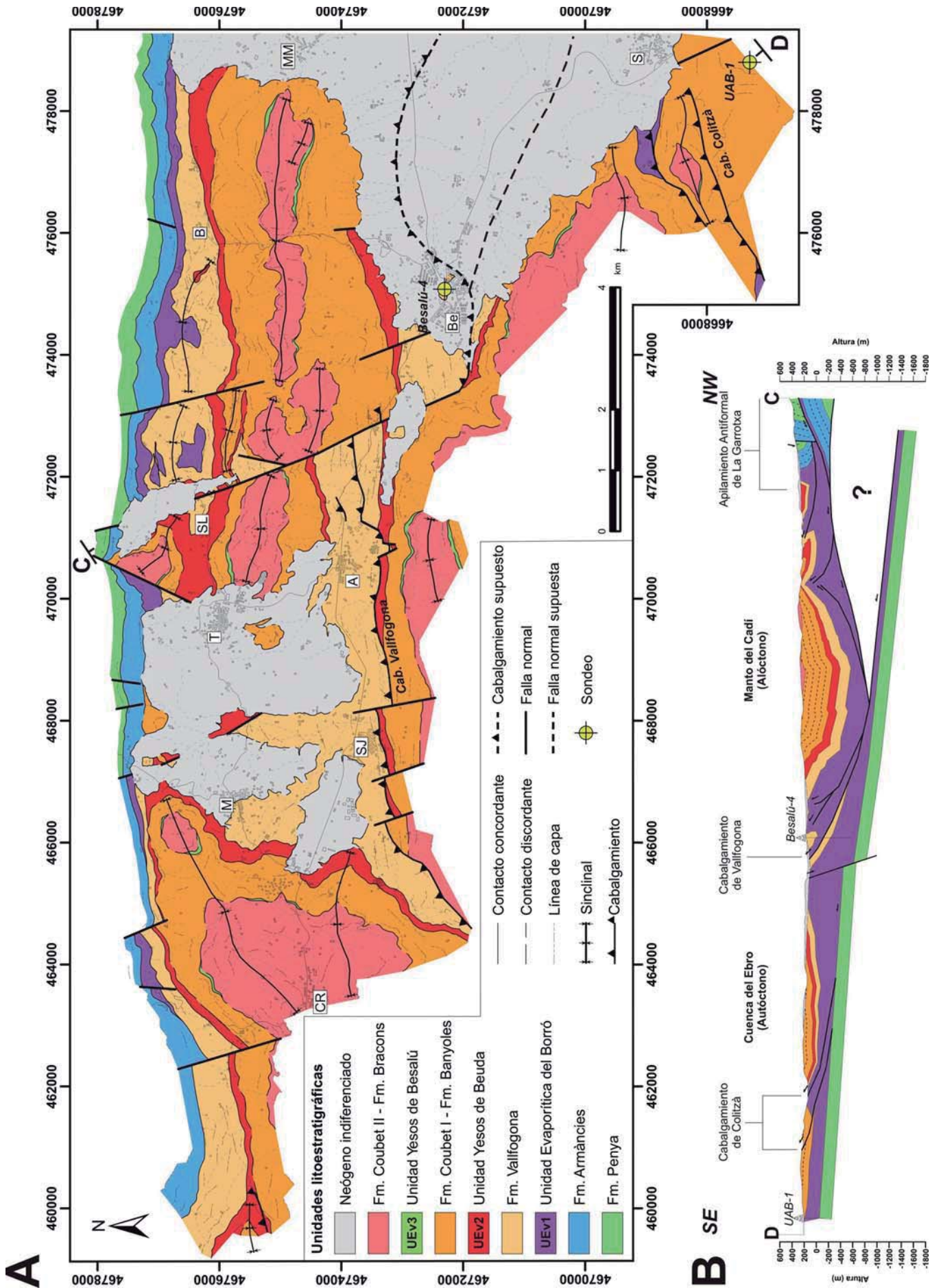
En el presente estudio se ha distinguido tres unidades evaporíticas, depositadas todas ellas durante el Luteciense, pero en tiempos claramente diferentes (Fig. 3).

El evento evaporítico más importante, en cuanto a volumen de material depositado, causó la sedimentación de la UEv1 sobre una plataforma carbonatada externa, equivalente esta última a las formaciones Penya y Armàncies. La UEv1 se reconoce muy bien en el subsuelo. En el presente trabajo se acepta que la disolución de esta unidad por las aguas freáticas ha sido la causa genética del lago de Banyoles en el área de La Garrotxa. Sin embargo, Martínez *et al.* (2000) interpretan que las evaporitas situadas en el subsuelo de la zona autóctona del área de La Garrotxa equivalen a una unidad evaporítica supuestamente más moderna, que llaman Yesos de Banyoles (siglas ELgb).

El modelo sedimentario que se ha utilizado para explicar la variación de facies y potencias en la UEv1 es el descrito por Strohmenger *et al.* (1996) en el Zechstein de Alemania, en el cual se interpreta una acumulación de sulfatos mucho mayor en el margen que en el centro de cuenca. En el caso de la Unidad del Borró, el margen de cuenca estaría constituido propiamente por una potente plataforma de yeso selenítico (ahora anhidrita pseudomórfica en el sondeo de Riudaura-1), el talud se caracterizaría por facies de origen gravitacional (abundantes afloramientos

Fig. 2.- A) Mapa geológico del área de La Garrotxa. Poblaciones: CR=Castellfollit de la Roca; M=Montagut; SJ=Sant Jaume de Llierca; T=Tortellà; A=Argelaguer; SL=Sales de Llierca; Be=Besalú; B=Beuda; MM=Maià de Montcal; S=Serinyà. C - D indica la localización del corte geológico en (B). B) Corte geológico C - D indicado en (A). (Ver página siguiente)

Fig. 2. A) Geological map of La Garrotxa area. Villages: CR=Castellfollit de la Roca; M=Montagut; SJ=Sant Jaume de Llierca; T=Tortellà; A=Argelaguer; SL=Sales de Llierca; Be=Besalú; B=Beuda; MM=Maià de Montcal; S=Serinyà. C - D indicates the location of the cross section shown in (B). B) Cross section shown in (A). (See next page)



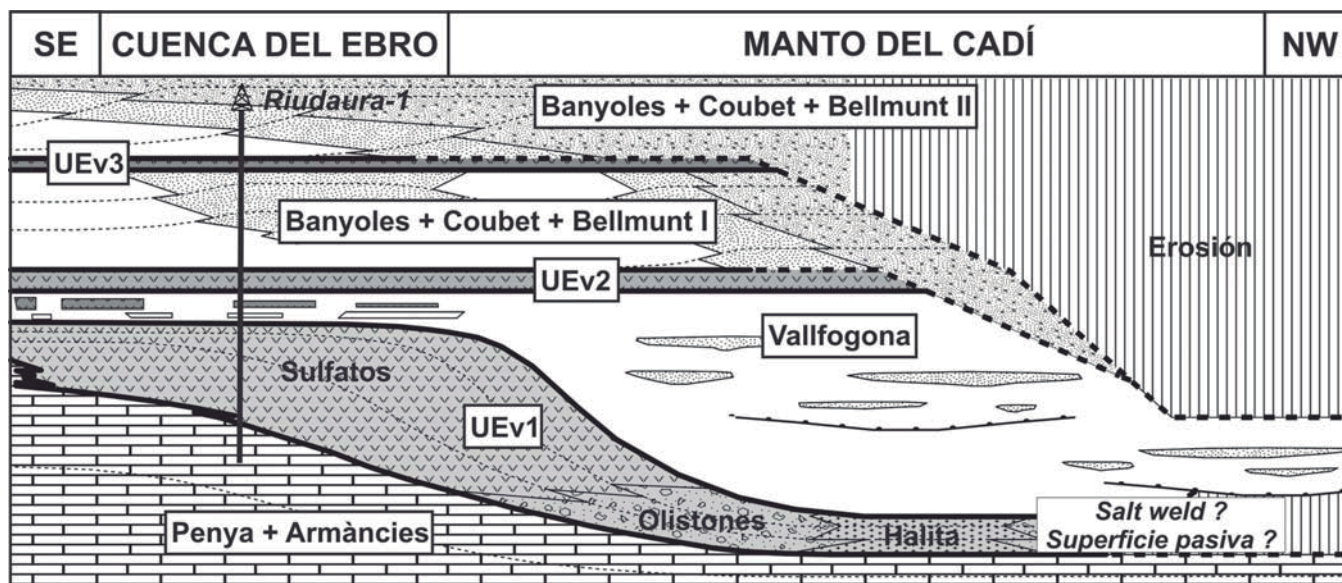


Fig. 3.- Esquema estratigráfico de las unidades litoestratigráficas cuienses – lutecienses de la Zona Surpirenaica Oriental y su correlación. La línea continua negra indica isocrona y la línea negra discontinua indica contacto discordante erosivo. Sin escala. Las facies se describen en el texto.

Fig. 3.- Stratigraphic panel of the Cuisian – Lutetian lithostratigraphic units of the Southeastern Pyrenean Zone and their correlation. The continuous black line indicates isochrone, and the dotted black line indicates an eroded unconformity. Not to scale. Facies are described in the text.

de olistones del área de La Garrotxa) y en la cuenca dominarían las facies lamina-das lutíticas, sulfatadas, y halíticas. Sin embargo, en el margen NW, el contacto entre las formaciones Armànçies y Vallfogona se interpreta en este trabajo como una superficie pasiva o de tipo *salt weld*.

El segundo evento evaporítico correspondió a la sedimentación de la UEv2, que es la unidad evaporítica que mejor se manifiesta en superficie en toda la ZSO. En el presente trabajo se interpreta que esta unidad fue depositada en un momento de colmatación de la cuenca, sin grandes variaciones paleotopográficas que pudieran generar subambientes. En Ortí *et al.* (1987) se describe el carácter somerizante de la sucesión evaporítica que presenta esta unidad, tanto en la zona del Ripollès como en La Garrotxa.

La sedimentación de la unidad más moderna y menos extensa, UEv3, refleja el tercer evento evaporítico, que se intercaló entre las plataformas siliciclásticas deltaicas de la secuencia Banyoles – Coubet – Bellmunt. Esta unidad se sedimentó durante los últimos eventos restrictivos lutecienses.

En general, la sucesión de las tres unidades evaporíticas descritas en este trabajo muestra una atenuación progresiva en la intensidad de las fases

evaporíticas en la cuenca de antepaís surpirenaica a lo largo de Eoceno inferior-medio, en paralelo con su relleno y con la retirada progresiva de las condiciones marinas.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el proyecto CGL2005-05337 y la beca BES-2006-12381 del Ministerio de Educación y Ciencia, y por el proyecto SGR2005-00890 de la Generalitat de Catalunya. El autor agradece a Midland Valley Exploration la cesión del software 2DMove, a E. Vinyals y M. J. Jurado la información en los datos de subsuelo, al Instituto Geológico y Minero de España la autorización para revisar los testigos de los sondeos estudiados, a la empresa Algíss (Grupo Uralita) por permitir el estudio de sus canteras, a los Dres. F. Ortí y L. Rosell (Universitat de Barcelona) la ayuda en los trabajos realizados y los comentarios a una primera versión del manuscrito, y a A. Martínez por la revisión crítica del manuscrito.

Referencias

Busquets, P. (1981). *Estratigrafía i sedimentologia del Terciari prepirinenc entre els rius Llobregat i Freser – Ter*. Te-

sis Doctoral, Univ. de Barcelona, 534 p.

Martínez, A., Vergés, J. y Muñoz, J. A. (1988). *Acta Geológica Hispánica*, 23, 2, 119-127.

Martínez, A., Rivero, L. y Casas, A. (1997). *Tectonophysics*, 282, 303-329.

Martínez, A., Samsó, J. M., Zamorano, M., Picart, J., Solà, J., Montaner, J. y Mató, E. (2000). Mapa geològic de Catalunya, escala 1:25000. Institut Cartogràfic de Catalunya. Besalú 257-2-2 (76-22).

Ortí, F., Busquets, P., Rosell, L., Taberner, C., Utrilla, R. y Quadras, M. (1987). *Rev. Invest. Geol.* 44 / 45, 281-302.

Pallí, L. (1972). *Estratigrafía del Paleógeno del Empordà y zonas limítrofes*. Tesis Doctoral, Univ. Autónoma de Barcelona.

Puigdefàbregas, C., Muñoz, J. A. y Marzo, M. (1986). En: *Foreland Basins*. (P. A. Allen y P. Homewood, Eds), Londres, 229 – 245.

Strohmer, C., Voigt, E. y Zimdars, J. (1996). *Sedimentary Geology*, 102, 33-54.

Vergés, J., Millán, H., Roca, E., Muñoz, J. A., Marzo, M., Cirés, J., Den Bezeimer, T., Zoetmeijer, R. y Cloetingh, S. (1995). *Marine and Petroleum Geology*, 12, 8, 893-915.