

Estructura de los mantos superior e inferior del Pedraforca (Pirineos orientales)

Structure of the upper and lower Pedraforca thrust sheets

A. Martínez (*), X. Berástegui (**), M. Losantos (**), Elmar Schöllhorn(*)

(*) Geólogo Consultor. C/Enamorados, 132 - 08026 Barcelona albertrius@retemail.es

(**) Institut Cartogràfic de Catalunya - 08038 Barcelona xberastegui@icc.es

ABSTRACT

The Pedraforca nappe is one of the allochthonous structural units in which the Cover Upper thrust sheets of the southern Pyrenees are organised. Its is internally constituted by two thrust sheets, namely Upper Pedraforca thrust sheet and Lower Pedraforca thrust sheet. As a whole, they were emplaced in a piggy-back thrusting sequence. But in the detail, a new, minor structural unit, here named "Intermediate unit", has been found in between them. This newly identified thrust sheet mainly consists of a carbonate breccia series, derived from the Lower Cretaceous sediments forming the Upper Pedraforca thrust sheet, showing an "inverted mountain" internal arrangement of elements. Restoration of a detailed cross-section allows us to interpret the Upper Pedraforca thrust sheet as the result of tectonic inversion of a Lower Cretaceous extensional basin occurred during late Cretaceous times. The sediments forming the Intermediate Unit are syntectonic materials, because they generated synchronously to the tectonic transportation of the Upper Pedraforca thrust sheet (Santonian to Maastrichtian). Further emplacement of the Intermediate unit included piggy back transportation of the Upper Pedraforca thrust sheet, until both structural units were definitively emplaced, and their frontal parts were covered by late Cretaceous to Palaeogene continental redbeds (Caramanian facies). Further on, the Lower Pedraforca thrust sheet transported and deposited...

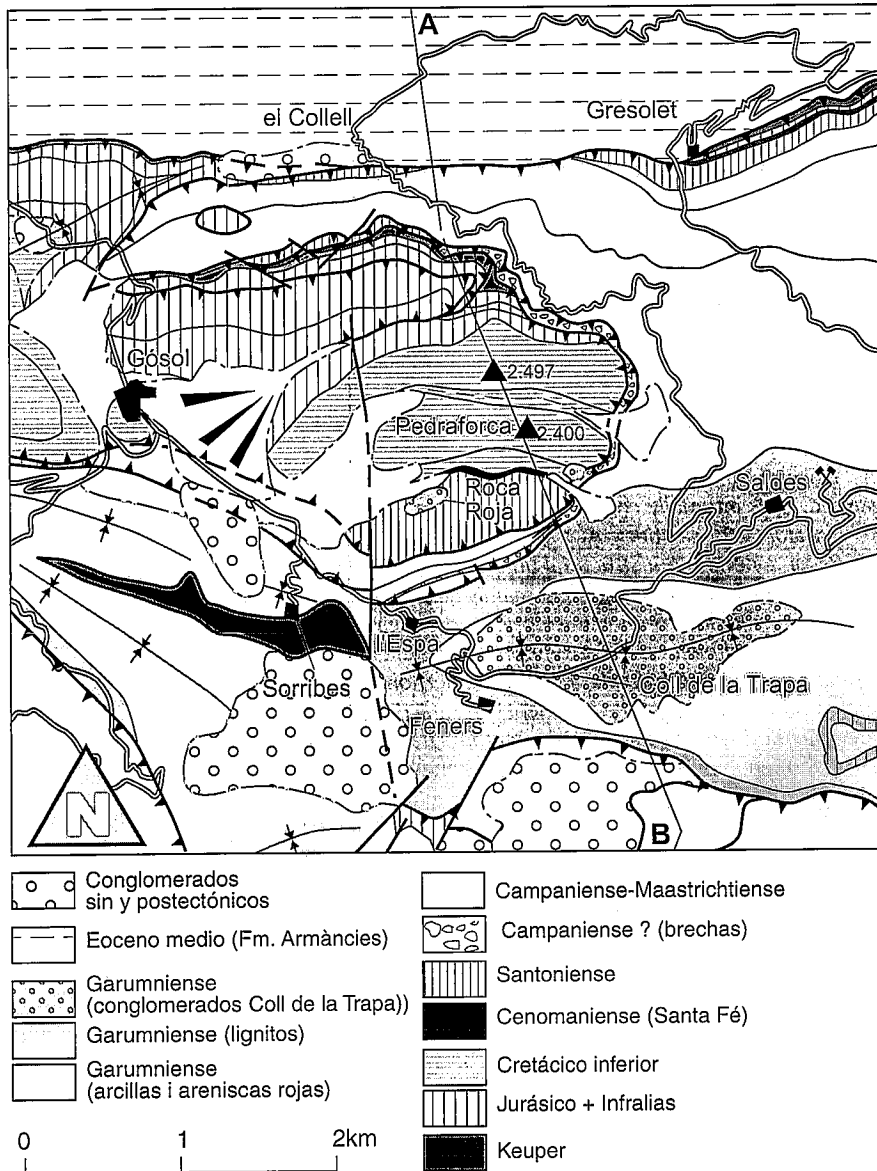


Fig. 2.- Mapa geològic i situació del corte.

Fig. 2.- Geological map showing main features of the Pedraforca area and location of the cross-section.

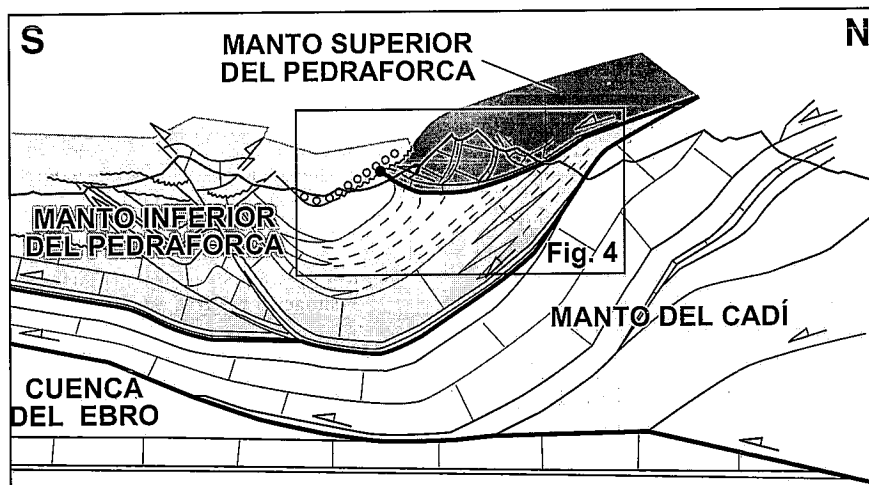


Fig. 3.- Unidades principales

Fig. 3.- Cross-section with the main units.

te de su serie está formada por una brecha carbonática cuyos elementos corresponden a sedimentos del Cretácico inferior y de la base del Cretácico superior. El manto superior del Pedraforca y la unidad Intermedia se emplazaron durante el Cretácico superior, quedando ambas unidades fosilizadas por sedimentos continentales groseros de facies Garumniense.

Descripción de las estructuras

Las unidades meridionales de los Pirineos se emplazaron en una secuencia de propagación de bloque inferior, incluyendo un apilamiento antiformal en la parte interna de la cadena que pliega las unidades superiores (Losantos *et al.* 1988; Muñoz, 1992). Se distinguen dos grandes grupos: el grupo de los mantos superiores, que actualmente no involucran al basamento, y el grupo de los mantos inferiores, que sí lo involucran. En la zona del Pedraforca, se superponen cuatro unidades estructurales o mantos (fig.3). El manto superior del Pedraforca es la unidad estructuralmente más alta. Fue la primera en emplazarse, durante el Cretácico superior, quedando fosilizada por sedimentos de facies Garumniense. Por debajo de ella se sitúa, estructuralmente, el manto inferior del Pedraforca. Fue la segunda unidad en emplazarse, durante el Eoceno inferior, y quedó fosilizada en el Luteciense. Estos dos mantos no involucran actualmente materiales del basamento, por lo que se incluyen en el grupo de mantos superiores. Las últimas en emplazarse fueron las dos unidades estructuralmente más bajas, el manto del Cadí y las unidades inferiores de basamento respectivamente. Ambas involucran basamento, por lo que se incluyen en el grupo de los mantos inferiores. La última unidad estructural de la zona es el autóctono de la Cuenca del Ebro, constituido por el basamento y su cobertera sedimentaria (Vergés, 1999).

Manto superior del Pedraforca

La serie del manto superior del Pedraforca está constituida por materiales plásticos del Keuper, calizas y carniolas del Infralias, calizas y dolomías del Jurásico (Lias y Dogger), una serie potente del Cretácico inferior y sedimentos del Cretácico superior (Cenomaniense superior - Santoniense). La figura 4 es un corte de detalle de la zona en el que puede observarse la estructura interna de la unidad. Presenta un fuerte buzamiento de las capas hacia el sur y una estructura en sinclinal, con despegue a nivel del Keuper en la

zona septentrional. El cabalgamiento basal se entronca con el del manto inferior del Pedraforca en la zona del Collell (fig. 2), pero un retrocabalgamiento, más joven, lo desplaza unos 2 km hacia el oeste (fig. 2). La traza del cabalgamiento basal cierra por el Este en la zona del macizo del Pedraforca, pero continúa hacia el Oeste en el macizo de Cloterons, hasta la zona del Segre.

Unidad Intermedia

La unidad Intermedia aflora en la zona del macizo del Pedraforca. Es una lámina cabalgante de poca potencia pero con continuidad cartográfica en el límite oriental del macizo Pedraforca (fig. 2). En la zona septentrional, afloran materiales del Santoniense. Hacia el sur y por encima de aquellos, continua con materiales carbonáticos que consisten en brechas muy recrystalizadas. Estas brechas están constituidas mayoritariamente por fragmentos subangulosos de tamaño medio de calizas del Cretácico inferior, del Cenomaniense y del Santoniense. Por encima de esos sedimentos se encuentran margas grises y calizas con rudistas de edad Maastrichtiense, visibles en el frente de la unidad y en su zona occidental (afloramiento singular de la carretera de Saldes a Gòsol). Por encima de dicho afloramiento se encuentra una serie reducida de facies Garumniense, formado por arcillas rojas y areniscas con fragmentos de huevos de dinosaurios. La unidad Intermedia está limitada a techo por el cabalgamiento basal del manto superior del Pedraforca. Mediante su cabalgamiento basal, la unidad Intermedia se dispone por encima de los materiales del Campaniense-Maastrichtiense que forman el manto inferior del Pedraforca (fig. 4). Las geometrías internas del cuerpo de brechas, observadas en el campo, inducen a suponer que pueden estar estructuradas en un sistema imbricado de duplex (fig. 4).

Manto inferior del Pedraforca

Esta unidad se encuentra estructuralmente por debajo de las anteriores y por encima de los materiales eocenos de la unidad del Cadí. En el área del Pedraforca, la parte más baja está formada por materiales plásticos del Keuper que actúan como nivel de despegue. Por encima sigue una serie reducida del Lias y, por encima de ésta se dispone la serie del Cretácico superior. El Cretácico superior se inicia con el Cenomaniense superior, seguido del Santoniense, y continúa con

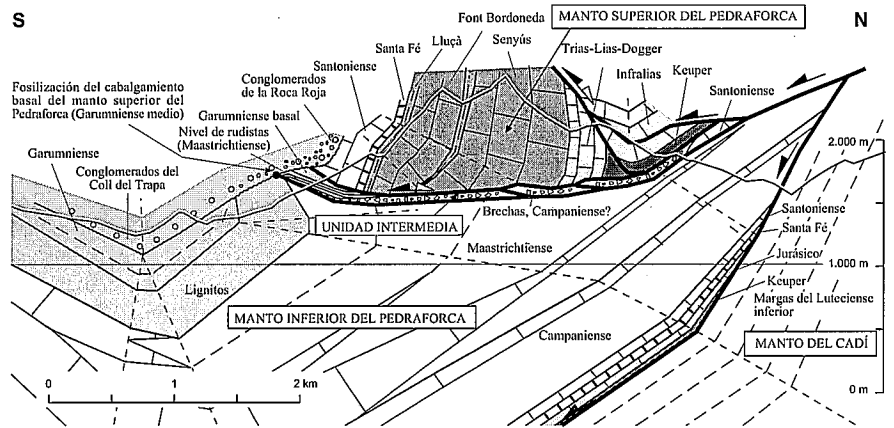


Fig. 4.- Corte geológico de la zona del Pedraforca.

Fig. 4.- Balanced cross-section of the Pedraforca area.

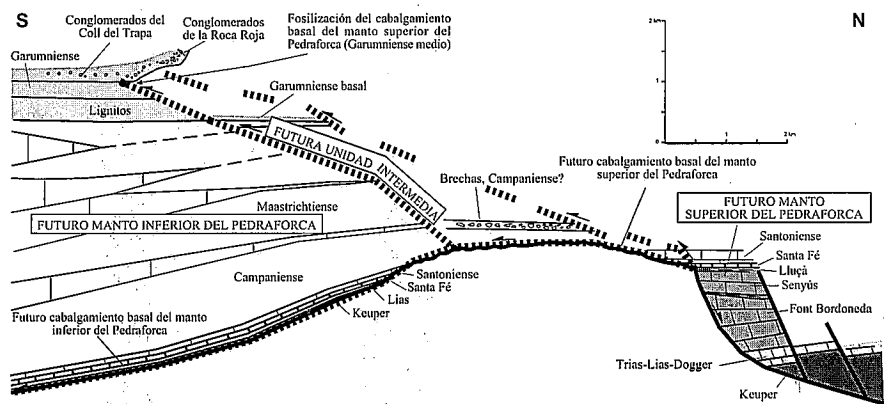


Fig. 5.- Corte restituido de la figura 4.

Fig. 5.- Restored cross-section of the fig. 4.

una potente serie marina formada por calizas y margas del Campaniense y del Maastrichtiense. Al final se encuentran las facies continentales del Garumniense. En la parte baja de la serie de facies garumniense se encuentra una serie de margas carbonosas y lignitos; por encima siguen materiales detríticos rojos que culminan con los conglomerados del Coll de la Trapa. Se considera que estos conglomerados constituyen la zona más distal de la brecha de la Roca Roja que se encuentra, en afloramientos discontinuos, adosada en el flanco sur del Pedraforca. Esta brecha y los conglomerados del Coll de la Trapa, están constituidos litológicamente por fragmentos angulosos de las rocas que componen el Pedraforca, con una matriz rojiza. Según Vergés y Martínez (1988), estos conglomerados fosilizan el manto superior del Pedraforca, con una edad situada entre el Maastrichtiense superior y el Paleoceno. La relación entre

las unidades superiores y el manto inferior del Pedraforca es de rampa en los dos bloques, tal como se observa en la figura 4. En cambio, la relación del manto inferior del Pedraforca con la unidad subyacente (manto del Cadí) es prácticamente de rellano. El frente del manto superior del Pedraforca produce un pliegue invertido en el manto inferior del Pedraforca que deforma a los materiales del Garumniense. En la zona septentrional próxima al macizo, se observa que el contacto entre el manto inferior del Pedraforca y el manto del Cadí es claramente substractivo: Entre el valle de Gresolet y el Collell, desaparecen la parte baja de la serie del Cretácico superior, el Jurásico y el Keuper (figs. 2 y 4).

Conclusiones: restitución estructural

El desarrollo y las características geométricas de la serie del Cretácico in-

ferior en el área pirenaica, estuvieron controlados por fallas normales que actuaron en el contexto tectónico extensional relacionado con la apertura del golfo de Vizcaya (Berástegui *et al.*, 1990; Berástegui *et al.*, en prensa). Por este motivo, los sedimentos del Cretácico inferior tienen el carácter de "secuencia o serie sin-rift". Las estructuras extensionales cortan al Jurásico y al Keuper e involucran al basamento. En la zona del Pedraforca, la serie cretácica sin-rift tiene una potencia de casi 2000 m. Su edad abarca como mínimo desde el Aptiense hasta el Albiense y está fosilizada, junto con algunas de las antiguas estructuras extensionales, por el Cenomaniense superior (Fm. Santa Fe) y parte del Santoniense. La figura 5 se ha obtenido por restitución del corte de la figura 4, teniendo en cuenta la extensión del Cretácico inferior. Proporciona una imagen de la geometría pre-compresiva de la zona. En ella se considera que el cabalgamiento basal del manto superior del Pedraforca corresponde en su inicio a la inversión tectónica de una antigua falla normal, que probablemente había sido un accidente importante durante el Cretácico inferior. Se ha representado también un alto estructural que se considera que perduró durante el período Cenomaniense superior - Santoniense. Este alto separaba esta parte de la cuenca en dos zonas, de las cuales, según esta restitución, la meridional corresponde al futuro manto inferior del Pedraforca. Este alto podría haber estado relacionado, o bien con el levantamiento - y posterior erosión - del bloque inferior de una falla normal ("*shoulder effect*"), o bien a procesos diapíricos del Keuper, o quizá a una combinación de los dos. Hacia la parte meridional del corte puede observarse que se desarrolla la cuenca completa del Cretácico superior, con sedimentos que abarcan desde el Campaniense hasta el Maastrichtiense. Por encima de esos sedimentos se emplazó el manto superior del Pedraforca mediante una rampa de bloque inferior. La rampa del bloque superior correspondería a la antigua falla

normal, ahora invertida. De esta manera, la primera unidad en emplazarse fue la antigua cuenca extensional (ahora ya manto superior del Pedraforca), superponiéndose los materiales del Cretácico inferior a los del Cretácico superior. El desmantelamiento que sufrió el manto superior del Pedraforca durante su transporte tectónico dio lugar a las brechas que se encuentran en la unidad Intermedia y que tienen significado sintectónico. Estas brechas tienen una edad situada entre el Santoniense y el Maastrichtiense (Campaniense?). Posteriormente se emplazó la Unidad Intermedia transportando a la unidad anterior encima, e incorporó un fragmento de Santoniense, las brechas, una serie reducida del Maastrichtiense marino y sedimentos continentales de facies Garumniense. Una vez terminado el emplazamiento de estas unidades, quedaron fosilizadas por los conglomerados continentales de la Roca Roja y del Coll de la Trapa, con una edad que se encontraría entre el Maastrichtiense superior y el Paleoceno.

Discusión

La unidad Intermedia, a pesar de tener una potencia poco importante, es claramente visible y tiene entidad cartográfica a escala 1:50.000. Debido a los problemas de definición de los mantos superior e inferior del Pedraforca, es difícil darle una denominación. Al situarse geométrica y estructuralmente entre aquellas las dos unidades, se ha optado por llamarla "unidad Intermedia".

A pesar de tener una serie y una cinemática muy diferentes de las que caracterizan al manto superior del Pedraforca, consideramos que la unidad Intermedia se podría incluir también como parte del mismo, dado que las dos unidades quedan fosilizadas por los mismos sedimentos de facies Garumniense.

Las brechas de la Unidad Intermedia están muy calcificadas y recristalizadas y por este motivo presentan dificultades de observación. Internamente se ha detecta-

do secuencia de montaña invertida en cuanto a edades y composición de los clastos se refiere: En la zona alta del cuerpo de brechas abundan los fragmentos de carbonatos del Cretácico inferior, mientras que en la parte inferior predominan los del Cretácico superior (Cenomaniense superior y Santoniense).

En la zona se han observado cambios importantes en los materiales y potencias muy diferentes en los sedimentos del Jurásico e Infralías o Trias. Ello se ha interpretado como un resultado de actividad tectónica en los contextos extensionales (procesos de rifting) que caracterizaron el entorno de la sedimentación triásica y del Cretácico inferior.

Las estructuras relacionadas con los procesos de rifting del Triásico y del Cretácico inferior y su posterior incorporación a la secuencia de cabalgamientos son complejas y a menudo difíciles de interpretar, por que quedan enmascaradas por los procesos compresivos posteriores. Este trabajo pretende ser un inicio de otros más completos en los cuales se intentarán relacionar los diversos procesos tectónicos que se desarrollaron en esta zona a lo largo del tiempo geológico: rifting, diapirismo, inversión tectónica y compresión.

Referencias

- Berástegui, X.; García-Senz, J.; and Losantos, M. (1990): *Bull. Soc. Géolog France*, 2. 250-253.
- Berástegui, X.; Caus, E. and Puig, C. (en prensa): *Geology of Spain*. Geo. Society Spe. Publi. 12 p.
- Losantos, M.; Berástegui, X.; Muñoz, J.A. y Puigdefàbregas, C. (1988): *Simp. Cinturones Orogénicos*. II Congr. Geol. España. Pp. 7-16.
- Muñoz, J.A. (1992): *Thrust tectonics*: 235-246.
- Séguret, M. (1972): *USTELA Serie. Geol. Struct.*, 2.
- Vergés, J. Y Martínez, A. (1988): *Act. Geol. Hisp.* V23(2): 95-106.
- Vergés, J. (1999): *Inst. Cart. Catal. Monog. Tec.* 7.