

Estructura y cinemática del sector occidental de las Sierras Marginales (Unidad Surpirenaica Central)

Structure and kinematic of the westernmost sector of the Sierras Marginales (South Pyrenean Central Unit)

Pablo Santolaria y Antonio M^a Casas Sainz

Dpto. de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza C/ Pedro Cerbuna, 12. 50009 Zaragoza, España.
psotin@unizar.es, acasas@unizar.es

ABSTRACT

In this work we address the study of the geological structure of the area located at the western end of the Sierras Marginales thrust sheet (South Pyrenean Central Unit, South Pyrenean Zone). A structural contour map, based on detailed geological mapping and seriated, balanced cross sections has been built. Two main domains (northern and southern), with different vergence of structures (North and South, respectively) can be recognized. Locally, diapiric structures pierce the Mesozoic-Tertiary cover. The relation between syntectonic Oligocene-Miocene deposits and the rest of the sedimentary cover allow establishing a relative timing of the emplacement of structures, which include thrusts, backthrusts, out-of-sequence thrusts, strike-slip faults and diapirs.

Key-words: Thrust, Sierras Marginales, Diapirism, Syntectonic deposits.

RESUMEN

En este trabajo se aborda el estudio estructural del sector occidental de la lámina de las Sierras Marginales (Unidad Surpirenaica Central, Zona Surpirenaica). Se ha elaborado un mapa de contornos estructurales a partir de una cartografía de detalle y cortes seriados compensados. Se definen dos dominios: uno con estructuras de vergencia norte en el norte y otro con estructuras de vergencia sur en el sur. Las estructuras y la cobertera sedimentaria están atravesadas localmente por estructuras diapíricas. La relación entre la serie de cobertera y los materiales sintectónicos del Oligoceno-Mioceno permite proponer una cronología relativa de las estructuras, que engloba formación de cabalgamientos, retrocabalgamientos, cabalgamientos fuera de secuencia, desactivación y reactivación de estructuras, fallas de desgarre y diapirismo.

Palabras clave: Cabalgamiento, Sierras Marginales, Diapirismo, Depósitos sintectónicos.

Geogaceta, 53 (2013), 69-72.
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 13 de julio de 2012
Fecha de revisión: 25 de octubre de 2012
Fecha de aceptación: 30 de noviembre de 2012

Introducción

La deformación compresiva de la Zona Surpirenaica está caracterizada por una tectónica de piel fina, con la cobertera mesozoico-terciaria despegada a favor de las evaporitas triásicas en respuesta al emplazamiento de grandes láminas de zócalo en las zonas más internas del Orógeno Pirenaico (Muñoz, 1992). Dentro de este contexto tectónico el estilo estructural de las Sierras Marginales difiere del resto de láminas que componen la Unidad Surpirenaica Central (USPC, Séguret, 1972). Mientras que las zonas más internas de la USPC (Montsec y Bòixols) están caracterizadas por la existencia de láminas de cabalgamiento extensas y relativamente continuas,

el dominio de las Sierras Marginales presenta una mayor densidad de estructuras que incluye cabalgamientos, retrocabalgamientos, fallas de desgarre, relevos, y estructuras diapíricas.

En este trabajo se pretende caracterizar la estructura del sector occidental de las Sierras Marginales (Fig. 1) con el fin de establecer un modelo cinemático basado en la relación tectónica-sedimentación, definiendo así los posibles factores desencadenantes de este estilo deformacional. Para ello se ha realizado una cartografía geológica 1:25000 de la cual se han derivado una serie de cortes compensados transversales a las principales estructuras. A partir de los cortes se ha elaborado un mapa de contornos estructurales del techo del Cre-

tácico marino para la caracterización 3D de la estructura.

Contexto Pirenaico

La USPC se compone de varias láminas de cabalgamiento (las denominadas lámina de Boixòls, lámina de Montsec y lámina de las Sierras Marginales) emplazadas en secuencia de bloque inferior, cuyo nivel de despegue son las evaporitas triásicas. La más meridional de ellas, la lámina de las Sierras Marginales, está constituida por una serie mesozoica-cenoica adelgazada que cabalga sobre los sedimentos continentales (Eoceno Superior-Oligoceno) del bloque autóctono de la cuenca del Ebro. Esta lámina se emplazó durante el Eoceno inferior y

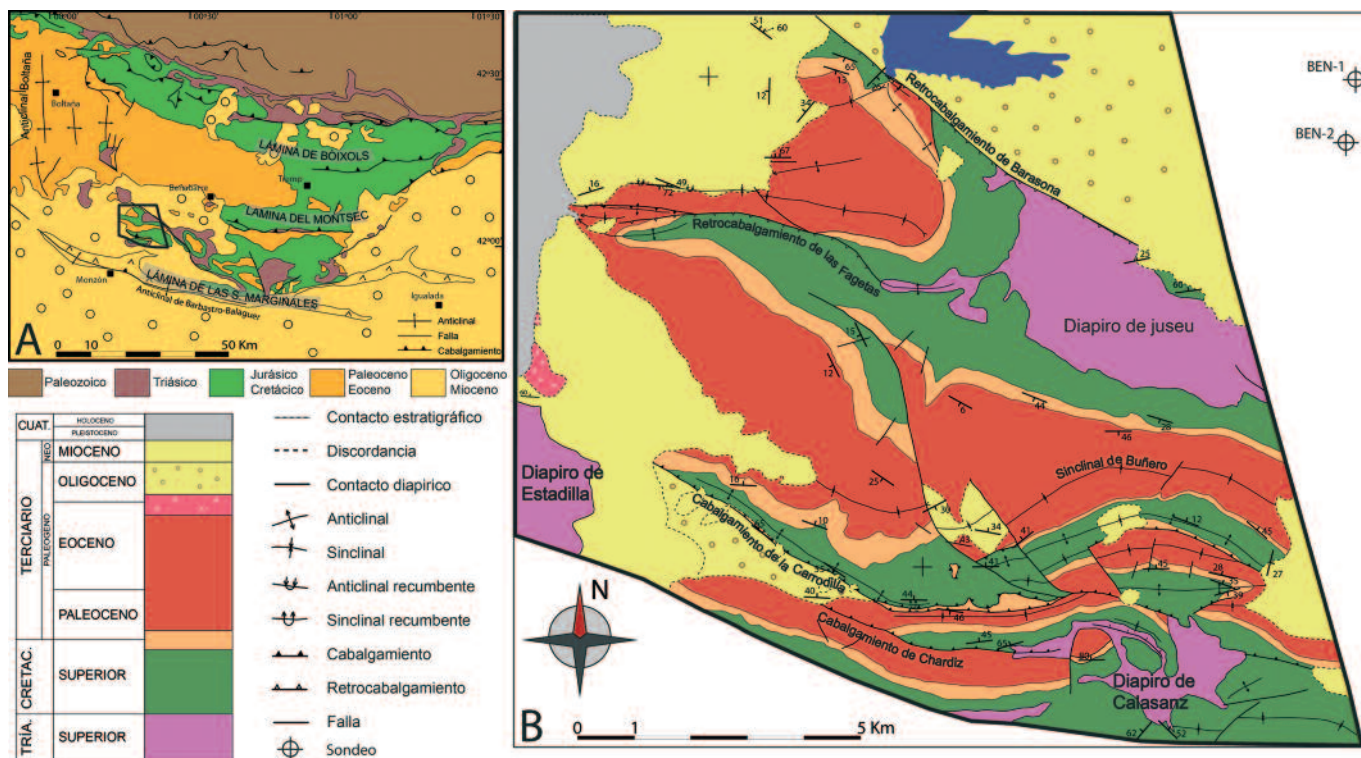


Fig. 1. - A: Mapa geológico esquemático de la Unidad Surpirenaica Central. B: Cartografía de detalle del sector occidental de las Sierras Marginales. Fig. 1. - A: Schematic geological map of the South Pyrenean Central Unit. B: Detailed geological map of the westernmost part of the Sierr Marginales.

medio, para más tarde verse afectada por un periodo de deformación interna durante el Eoceno superior-Oligoceno (Vergés y Muñoz, 1990; Muñoz, 1992). La terminación occidental de las Sierras Marginales, donde se sitúa la zona de estudio (Fig.1), constituye un sector de transición entre estructuras de dirección pirenaica (N110°E) hacia el este y estructuras oblicuas N-S hacia el oeste (Martínez Peña, 1991), situándose en una zona de transferencia entre dos zonas (Fig. 1A) que presentan un desplazamiento diferencial mayor hacia el este (Soto, 2002).

Contexto geológico

Materiales

La base de la serie mesozoico-cenozoica que compone la lámina de las Sierras Marginales en el sector estudiado corresponde al nivel de despegue representado por materiales del Triásico superior. Éste está constituido por evaporitas y lutitas con intercalaciones de calizas y dolomías (Salvany y Bastida, 2004) y cuerpos de ofitas triásicas. Por encima se disponen discordantemente las calcarenitas y calizas del Cretácico superior (Simó, 2004), que gradan verticalmente a calizas y margas lacus-

tres correspondientes a las facies Garum, depositadas durante el Maastrichtiense-Paleoceno (Garrido Megías, 1972). El Paleoceno-Eoceno superior se caracteriza por calizas de plataforma marina somera. La serie autóctona continental comienza con una secuencia de margas y limos depositada durante el Luteciense-Priaboniense inferior (Garrido Megías, 1972) seguida por las evaporitas del Eoceno superior-Oligoceno (Quirantes 1969). Puntualmente estos materiales aparecen involucrados en la lámina deformada. Por último aparecen depósitos sintectónicos arenosos y conglomeráticos del Oligoceno-Mioceno (Crusafont y Rosell, 1966; Quirantes 1969).

Cartografía

El límite norte de la lámina de Sierras Marginales está constituido en este sector por un retrocabalgamiento (N120°E) que pone en contacto los conglomerados oligocenos de Graus en el bloque inferior con (de oeste a este) los depósitos continentales sintectónicos del Oligoceno-Mioceno, la serie cretácico-paleocena y las evaporitas triásicas del diapiro de Juseu (Fig. 1B). Este último domina el sector nororiental de la lámina, mientras que el sector noroccidental se compone de un tren de pliegues cuyo lí-

mite sur es otro retrocabalgamiento (Las Fagetas). La zona central del sector está dominada por el sinclinal laxo de Buñero. Hacia el sur se observa una serie de cabalgamientos (Chardiz y La Carrodilla) con un espaciado de 1-2 km. Tanto la traza del sinclinal de Buñero como los cabalgamientos meridionales presentan una dirección N120°E hacia el oeste produciéndose una flexión hacia la zona central que se recupera a medida que nos desplazamos hacia el este, dibujando en su conjunto una geometría sigmoide. Desplazando la traza del sinclinal de Buñero aparecen fallas de desgarre dexas con dirección N170°E que convergen hacia la traza del cabalgamiento de la Carrodilla.

Característicos del sector son los afloramientos de evaporitas triásicas de carácter diapírico que en unos casos pueden ser extensos, como en el caso del diapiro de Juseu, o puntuales, como el diapiro de Estadilla o el de Calasanz.

Los materiales del Oligoceno-Mioceno aparecen sobre todo en los límites norte, este y oeste de la zona, y de forma puntual en el centro de esta. Estos tienen un carácter general sintectónico ya que se ven afectados por algunas de las estructuras y fosilizan a otras.

Estructura

La elaboración de cortes seriados compensados ha permitido sintetizar la estructura en un mapa de contornos estructurales (Fig. 2). Estructuralmente el sector estudiado puede dividirse en tres zonas diferentes. La zona norte se caracteriza por la presencia de retrocabalgamientos subverticales que acomodan poco acortamiento. Estos limitan, hacia el noroeste, una cobertera plegada con direcciones de plegamiento variables entre O-E y NO-SE. Hacia el sureste de esta zona la estructura de cobertera aparece erosionada, observándose tan solo un extenso afloramiento de material triásico. Todo el conjunto presenta una fuerte inmersión hacia el noroeste. La zona central la compone el sinclinal de Buñero, que presenta un flanco norte extenso frente a un flanco sur que se ve afectado por los cabalgamientos de la zona sur. Dentro de esta zona aparecen dos fallas dexas subverticales que truncan la traza del sinclinal. El sinclinal de Buñero, al igual que en la zona norte pero en menor medida, presenta inmersión hacia el noroeste. Por último, en la zona sur aparecen cabalgamientos (Charziz y La Carrodilla) con un buzamiento de 60-70° que acomodan poco acortamiento.

La acumulación de los materiales del Triásico presenta geometrías diversas: ya sea jalonando los cabalgamientos y retrocabalgamientos o mostrando una geometría diapírica con características distintas en los diferentes cuerpos. La acumulación correspondiente al diapiro de Juseu supone la mayor extensión superficial de estos materiales y abomba y corta la cobertera suprayacente, si bien la estructura ha sido erosionada. En el caso del diapiro de Calasanz, el ascenso activo de las evaporitas triásicas ha modificado la estructura de cobertera deformando las estructuras previas como el cabalgamiento de la Carrodilla y el de Charziz y el tren de pliegues al norte del diapiro. El diapiro de Estadilla presenta un desarrollo vertical que llega incluso a atravesar los materiales sintectónicos oligoceno-miocenos.

En síntesis, este sector de la lámina de las Sierras Marginales presenta una geometría de cuña de doble vergencia. Esta configuración se asemeja a la obtenida en modelos analógicos de cuñas orogénicas de doble vergencia con nivel de despegue (Storti *et al.*, 2007) con un *backstop* vertical. En el caso de las Sierras Marginales, el

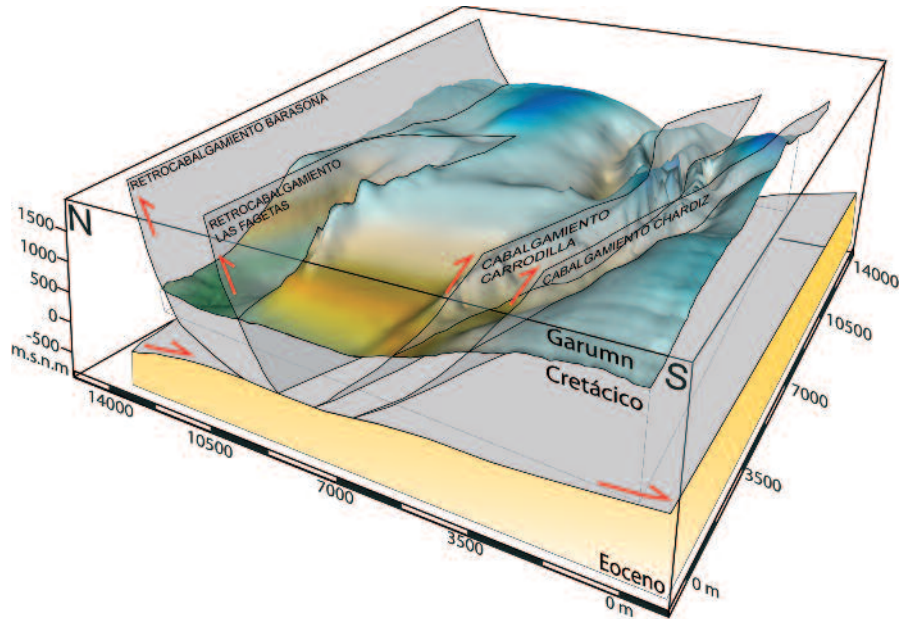


Fig. 2.- Reconstrucción 3D del límite Cretácico-Garumn. Se han diferenciado 4 láminas de cabalgamiento con un despegue basal común. La escala vertical aparece exagerada.

Fig. 2.- 3D reconstruction in depth of the Cretaceous-Garumn limit. 4 thrust sheets have been distinguish linked to a basal detachment. Vertical scale is exaggerated.

backstop correspondería a la serie mesozoica-cenozoica bajo la cuenca de Graus, que presenta un espesor mayor (Sondeos BEN-1 y BEN-2; Lanaja, 1987) que en la lámina de Sierras Marginales.

Depósitos sintectónicos y cinemática

Las relaciones entre las estructuras observadas, así como entre estas y los materiales sintectónicos del Oligoceno-Mioceno, permiten establecer una cronología relativa del emplazamiento (Fig. 3) de las diferentes estructuras. Así en la zona sur la cronología de los cabalgamientos viene marcada por los materiales sintectónicos del suroeste. En este caso la disposición discordante de los materiales oligo-miocenos por encima del cabalgamiento de Charziz indica que éste se emplazó previamente a esa edad, para desactivarse durante el Oligoceno. Más al norte y con posterioridad aparece el cabalgamiento de La Carrodilla como un cabalgamiento fuera de secuencia que afecta a los materiales sintectónicos depositados en el bloque superior del anterior.

La cronología de los retrocabalgamientos de la zona norte viene establecida por el análisis secuencial de los materiales sintectónicos del noroeste de la zona (Santolaria *et al.*, 2011). Hacia el norte se forma un in-

cipiente tren de pliegues que es truncado hacia el sur por el retrocabalgamiento de Las Fagetas, para luego desarrollarse el retrocabalgamiento de Barasona hacia el norte, que termina su actividad hacia el Mioceno, como indica la fosilización de esta estructura hacia el sureste. Como resultado del emplazamiento de los cabalgamientos y retrocabalgamientos se estructura, en la zona central, el sinclinal de Buñero.

En cuanto al diapirismo, la actividad de los diferentes diapiros varía de uno a otro. El desarrollo del diapiro de Juseu puede interpretarse como desencadenado a partir de la acumulación incipiente de las evaporitas triásicas bajo el tren de pliegues y el retrocabalgamiento de Barasona. La acumulación de evaporitas hacia el este se relaciona con la carga extra causada por la deposición de los conglomerados oligoceno-miocenos. Dicha acumulación explicaría la importante inmersión hacia el noroeste de las estructuras en la zona norte. El cese de la actividad se situaría en torno al Oligoceno superior o Mioceno, como indica la horizontalidad de los materiales de esta edad sobre el Triásico hacia el noroeste de la zona. El diapiro de Calasanz se emplaza con posterioridad a los cabalgamientos de la zona sur, a los cuales deforma. La virgación de estos cabalgamientos viene acompañada por fallas de desgarre que tienden a

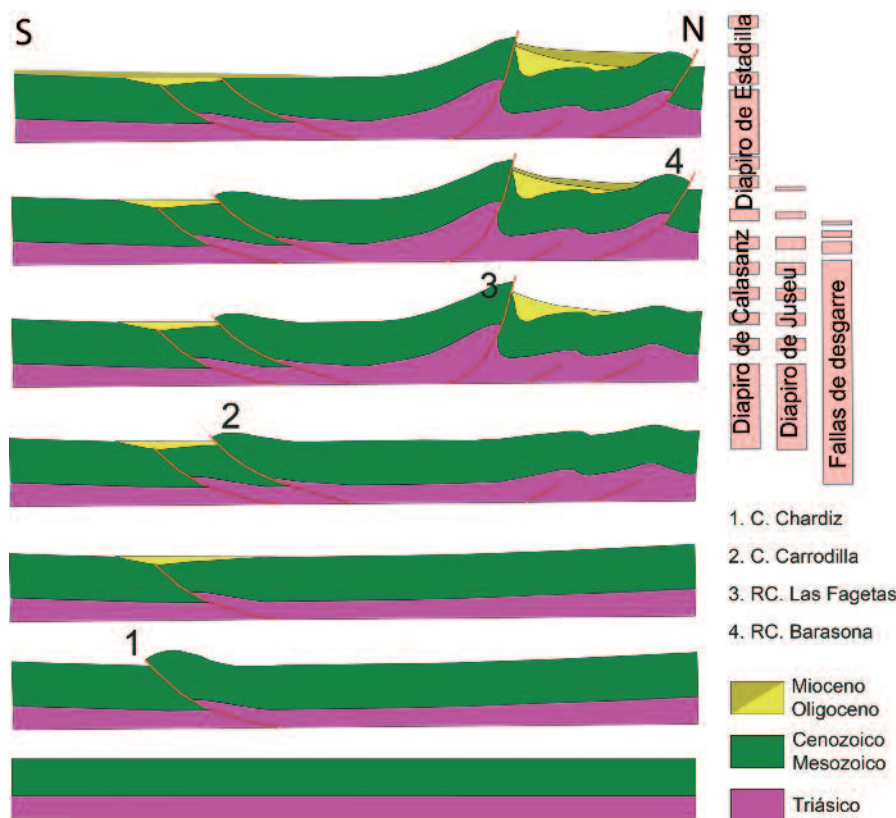


Fig. 3.- Esquema evolutivo del emplazamiento de las estructuras en el sector estudiado y la actividad de los diapiros. C: Cabalgamiento. RC: Retrocabalgamiento.

Fig. 3.- Evolution model of the emplacement of structures and activity of diapirs. C: Thrust. RC: Back-thrust.

nuclearse hacia el diapiro. La disposición discordante de los materiales oligo-miocenos alrededor del diapiro de Estadilla cubren la estructura de los materiales mesozoico-cenozoicos, por lo que no puede establecerse el comienzo de su actividad. No obstante a partir de evidencias de campo puede establecerse que este diapiro fue activo durante la sedimentación de los sedimentos oligo-miocenos circundantes donde se observan materiales procedentes del propio diapiro y que no cesó su actividad hasta más tarde.

Conclusiones

La geometría de este sector de las Sierras Marginales es similar a la de una cuña orogénica de doble vergencia con nivel de despegue obtenida en modelos analógicos

bicapa con un *backstop* vertical cuya representación en las Sierras Marginales es la serie mesozoica-cenozoica engrosada hacia el norte de este dominio.

Más detalladamente, la complejidad estructural y cinemática, diferente a otros sectores de la USPC, que engloba retrocabalgamientos, cabalgamientos, fallas de desgarrar y estructuras diapíricas, así como la activación y reactivación de estructuras, podemos interpretarla como debida a diversos factores que se solapan en el tiempo y en algunos casos están directamente relacionados: 1) el adelgazamiento de la serie mesozoica-cenozoica, 2) la existencia de un importante espesor de evaporitas triásicas con gran capacidad de migración, 3) los procesos de erosión-sedimentación y la carga diferencial inducida por los depósitos sintectónicos del Oligoceno-Mioceno, y 4)

la localización del sector en una zona de transición entre dominios con distinta orientación.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto DGES-MICINN CGL2010-21968-C02-02 y por la beca doctoral B057111 del Gobierno de Aragón.

Referencias

Crusafont, M. y Rosell, J. (1966). *Notas y Comunicaciones*, IGME, 83, 79-92.

Garrido Megías, A. (1972). *Estudio geológico y relación entre tectónica y sedimentación del Secundario y Terciario de la vertiente meridional pirenaica en su zona central (Provincias de Huesca y Lérida)*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 395 p.

Lanaja, J.M. (1987). *Contribución de la exploración petrolífera al conocimiento de la geología de España*. Instituto Geológico y Minero de España, 465 p.

Martínez Peña, B. (1991). *La estructura del límite occidental de la Unidad Surpirenaica Central*, Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 346 p.

Muñoz, J.A. (1992). En: *Thrust tectonics* (J. McClay, Ed.). Chapman and Hall, 247-254.

Quirantes, J. (1969). *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros*. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 207 p.

Salvany, J.M. y Bastida, J. (2004). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 17, 3-26.

Santolaria, P., Casas Sainz, A.M. y Luzón, A. (2011). En: *Abstracts, 28th IAS Meeting of Sedimentology 2011*, Zaragoza, Spain.

Séguret, M. (1972). *Etude tectonique de nappes et séries decollés de la partie central du versant sud des Pyrénées. Caractère sédymen-taire rôle de la compression et de la gravité*. Tesis Doctoral, Univ. de Montpellier, 155 p.

Simó, A. (2004). En: *Geología de España* (J.A. Vera, Ed.). SGE-IGME, 296-299.

Soto, R. (2002). *Estructuras oblicuas: Modelización analógica y ejemplos de la Zona Surpirenaica*. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 346 p.

Storti, F., Soto, R., Rossetti, F. y Casas Sainz, A.M. (2007). *Journal of the Geological Society*, 164, 73-85.

Vergés, J. y Muñoz, J.A. (1990). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 6, 265-271.