

# Nuevas aportaciones sobre la estructura de la terminación occidental del anticlinal de Barbastro-Balaguer

*New contributions about the structure of the western end of the Barbastro-Balaguer anticline*

P. Santolaria<sup>1,2</sup>, P. Calvín<sup>3</sup>, R. Soto<sup>2</sup>, A.M. Casas<sup>1</sup>, A. Luzón<sup>1</sup> y E. Pueyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza 50009 Zaragoza. [psotin@unizar.es](mailto:psotin@unizar.es), [acasas@unizar.es](mailto:acasas@unizar.es), [aluzon@unizar.es](mailto:aluzon@unizar.es)

<sup>2</sup> Instituto Geológico y Minero de España, Unidad de Zaragoza 50006 Zaragoza. [unaim@igme.es](mailto:unaim@igme.es), [r.soto@igme.es](mailto:r.soto@igme.es)

<sup>3</sup> Dpto. de Física, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos, Avda. Cantabria, s/n 09006 Burgos, Spain. [pcalvin@ubu.es](mailto:pcalvin@ubu.es)

**Resumen:** En este trabajo se presenta el estudio estructural de la terminación occidental del anticlinal de Barbastro-Balaguer. Con base en una síntesis cartográfica, nuevos datos estructurales, la interpretación de perfiles de sismica de reflexión y la reinterpretación parcial de varios sondeos profundos de la zona, se han elaborado dos cortes geológicos. Éstos, más un tercer corte de autores previos, permiten describir la estructura de la terminación occidental del anticlinal en tres sectores distintos. En el sector oriental, o de Calasanz, el anticlinal se desdobra en dos ramas, individualizando un sinclinal laxo entre ambas. En el sector central, o del Cinca, el flanco sur del anticlinal lo componen los materiales autóctonos de la Cuenca del Ebro y el flanco norte, la lámina basal de las Sierras Marginales se dispone sobre los yesos de la Fm. Barbastro y sus equivalentes terrígenos laterales. En el sector occidental, o de Bierge, un retrocabalgamiento enraizado en la Fm. Barbastro caracteriza la estructura. A pesar del control estructural, ciertas interpretaciones de la geología en profundidad tendrán que precisarse mediante la aplicación futura de técnicas geofísicas.

**Palabras clave:** Pliegue de despegue, nivel de despegue, Sierras Marginales, evaporitas.

**Abstract:** In this work we present a structural study of the western end of the Barbastro-Balaguer anticline. We elaborated two new cross sections based on a geological map synthesis, new structural data, seismic reflection profiles interpretation and the reinterpretation of well log data. These two cross sections together with an already published one allow to describe the subsurface structure in three different sectors. In the eastern or Calasanz sector, the anticline splays into two branches that individualize a gentle syncline in between. In the central or Cinca sector, the southern flank is composed by Ebro Basin deposits whereas in the northern flank the basal Sierras Marginales thrust sheet lies onto the equivalent terrigenous facies of the Barbastro Fm. In the western or Bierge sector a backthrust rooted on the Barbastro Fm. characterizes the structure. Despite the proper structural control, several interpretations of the subsurface geology can be further constrained by means of the application of different techniques.

**Key words:** Detachment fold, décollement, Marginales Sierras, evaporites.

## INTRODUCCIÓN

El anticlinal de Barbastro-Balaguer (ABB) es la estructura más meridional del Pirineo Central e involucra a las unidades más septentrionales de la Cuenca del Ebro en esta zona (Martínez-Peña y Pocoví, 1988). Las evaporitas eocenas (Fm. Barbastro) que componen su núcleo constituyen parte de un nivel de despegue regional al frente de las Sierras Marginales. Esta zona es clave para estudiar la relación entre el ABB y la transición entre las Sierras Marginales al este y las Sierras Exteriores al oeste. Se analiza la estructura en profundidad de la terminación occidental del ABB mediante tres cortes geológicos compensados. Conocer la estructura en profundidad es esencial para estudiar la geometría y cinemática del frente surpirenaico en esta zona y además, supone el punto de partida para la aplicación futura de métodos geofísicos (p.e., gravimetría o paleomagnetismo).

Se presentan dos nuevos cortes geológicos (CSab1, CSab2) que atraviesan el ABB por el sector de Bierge (sector occidental) y del Cinca (sector central), y se analizan conjuntamente con un corte previo (sector oriental) (CSab3, Senz y Zamorano, 1992).

## CORTES GEOLÓGICOS

La elaboración de los cortes se ha realizado con base en la síntesis de diversas cartografías geológicas (Martínez-Peña y Pocoví, 1998; Senz y Zamorano, 1992; Luzón, 2001; Rodríguez-Pintó, 2013), la interpretación de siete perfiles de sismica de reflexión y tres sondeos profundos (Ebro-3, Huesca-1 y Monzón-1). Los datos disponibles del subsuelo, si bien no son de gran calidad, son claves a la hora de dilucidar la estructura en profundidad al norte del ABB, dada la extensa cobertera de molasas de la Fm. Sariñena que fosiliza las estructuras infrayacentes. La conversión de tiempos a profundidades se ha realizado con base en

los modelos de velocidad elaborados a partir de *logs* sísmicos de los sondeos Ebro-3 y Huesca-1. Uno de los puntos novedosos es la reinterpretación parcial de las edades de los materiales de estos dos sondeos (ver discusión). La base del sondeo Ebro-3 corta una secuencia terrígena de casi 800 metros atribuida a las facies Garumn que en este trabajo se ha interpretado como depósitos terrígenos equivalentes laterales de la Fm. Barbastro hacia el Norte. Los materiales del sondeo Huesca-1 sobre el Paleozoico, interpretados como Cretácico superior previamente, se han reinterpretado como Cretácico-Paleoceno en facies Garumn, y las calizas que aparecen por encima como Ilerdiense. Por último, los materiales etiquetados como Eoceno por encima de las calizas anteriores se atribuyen, en este trabajo, a los materiales terrígenos equivalentes a la Fm. Barbastro antes mencionados.

## ESTRATIGRAFÍA

En este apartado se describen únicamente los materiales a los que afecta el ABB. Sobre un nivel de margas del Eoceno superior, se apoyan los materiales de la Fm. Barbastro, de edad Priaboniense superior-Oligoceno (Martínez-Peña y Pocoví, 1988; Senz y Zamorano, 1992), constituida mayoritariamente por yeso blanquecino con intercalaciones de lutitas y pasadas de areniscas, margas y muy localmente de calizas; estos materiales representan un lago salino efímero. La parte inferior de los yesos pasa gradualmente hacia el Norte a lutitas, areniscas y carbonatos, con intercalaciones de los propios yesos, de

origen fluvio-lacustre, pertenecientes a la Fm. Salinar. La parte superior de los yesos en la misma zona representa un cambio lateral de la Fm. Peralta constituida por conglomerados calcáreos, areniscas y lutitas de origen aluvial. En superficie, estos cambios laterales tan solo se observan en el sector de Calasanz y en profundidad se reconocen en los sondeos reinterpretados Ebro-3 y Huesca-1. Por encima de estos materiales una barra carbonatada marca el límite entre las formaciones anteriores y las lutitas con paleocanales de conglomerados y areniscas de la Fm. Peraltila, del Rupeliense, sobre la cual se apoya la Fm. Sariñena, del Chatiense-Aquitaniense, (Luzón, 2001) que presenta una asociación litológica similar y cuyo límite con la formación anterior viene marcado por una ruptura sedimentaria.

## CARTOGRAFÍA

La variabilidad lateral en términos estructurales en la zona estudiada es patente en la cartografía. En el sector más occidental (sector de Bierge), las capas de las Fm. Peraltila presentan un buzamiento constante de entre 45° y 60° en el flanco sur del anticlinal, con la excepción de la existencia de un pequeño repliegue. Hacia el Sur, la Fm. Sariñena se apoya concordantemente sobre la Fm. Peraltila y sus capas van perdiendo buzamiento progresivamente hasta que se disponen horizontales. Sin embargo, en el flanco norte y hacia el Oeste, los materiales de la Fm. Sariñena cubren discordantemente la Fm. Peraltila y hacia el Este la Fm. Sariñena es retrocabalgada

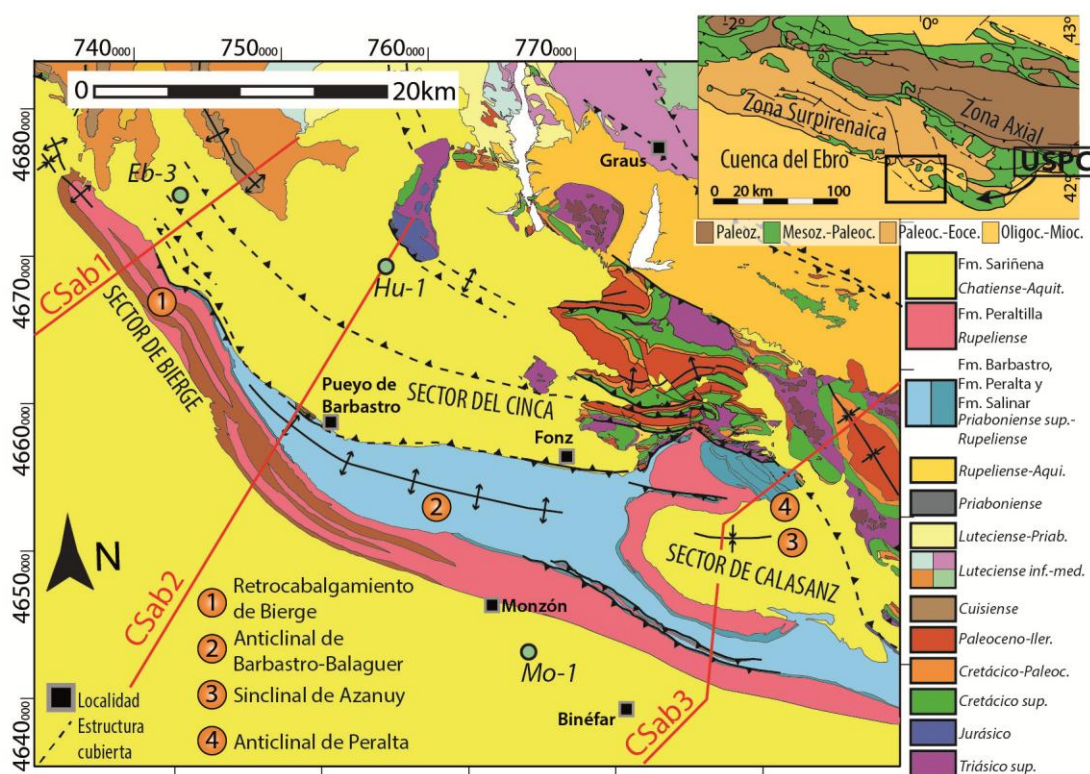


FIGURA 1. Cartografía geológica y estructural de la zona de estudio (y su situación arriba-derecha).

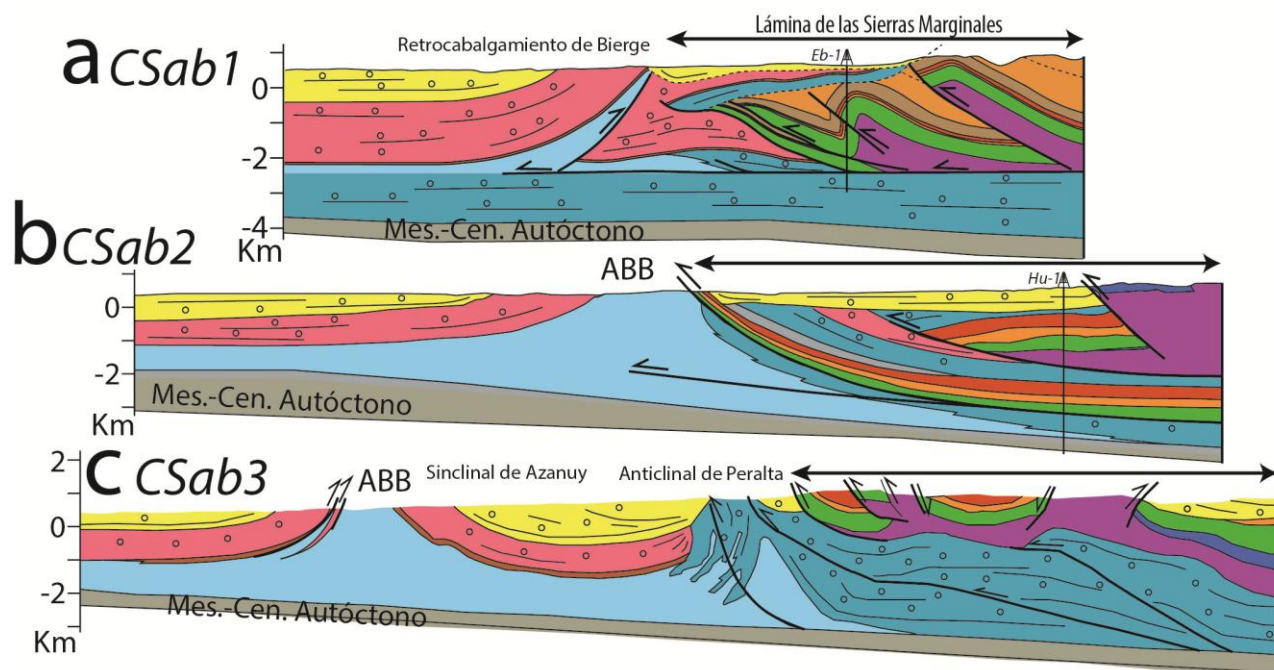


FIGURA 2. Cortes geológicos: sector occidental (a, CSab1), central (b, CSab2) y oriental (c, CSab3, modificado de Senz y Zamorano, 1992)

por los materiales de la Fm. Peraltila. Hacia el cierre periclinal del ABB (sector de Bierge), en su extremo más occidental, el tránsito entre las formaciones Peraltila y Sariñena dibuja una discordancia progresiva cartográfica que pasa a concordancia en el flanco sur (Luzón, 2001). En dicha zona, y adosado al borde de la cuenca, los materiales de la Fm. Peraltila quedan bajo la Fm. Sariñena que dibuja una serie de pliegues menores (Fig. 1).

Entre el sector de Bierge y el sector del Cinca, la orientación del anticlinal varía de N150E a N120E. En este último las areniscas y lutitas de la Fm. Peraltila son concordantes en el flanco sur sobre los yesos de la Fm. Barbastro; lo mismo ocurre con la Fm. Sariñena sobre la Peraltila. Al Norte, el contacto entre la Fm. Barbastro y la Fm. Peraltila queda cubierto por la Fm. Sariñena que aparece plegada y puntualmente cabalgada por los yesos eocenos en el entorno de Fonz. En contacto directo con los yesos y de forma localizada aflora una serie carbonatada Cretácica-Ilerdiense (afloramiento del Pueyo de Barbastro) que tradicionalmente se ha relacionado con una lámina de cabalgamiento con vergencia sur (Martínez-Peña, 1991). Dentro del núcleo del anticlinal, los niveles de yesos aparecen muy deformados y en general verticalizados. Hacia el Este, la anchura del núcleo del anticlinal aumenta paulatinamente.

En el sector más oriental (sector de Calasanz), el anticlinal se desdobra en dos ramas: un retrocabalgamiento al Norte y el propio anticlinal al Sur. Entre estas dos estructuras los sedimentos de la Fm. Peraltila y la Fm. Sariñena dibujan un sinclinal

laxo, el sinclinal de Azanuy (Senz y Zamorano, 1992). La anchura del ABB puede alcanzar hasta los 13 Km. Al Norte de este sector, los materiales terrígenos de las Fms. Salinar y Peralta, afloran en contacto con el frente de deformación de las Sierras Marginales y se ven afectados por una serie de cabalgamientos menores con vergencia sur. En el flanco sur del anticlinal se reconocen dos estructuras retrocabalgantes que individualizan un estrecho afloramiento de la Fm. Peraltila.

### ESTRUCTURA PROFUNDA

En el sector de Bierge (Fig. 2a), la configuración anticlinal pasa lateralmente hacia el NW a un retrocabalgamiento enraizado en los yesos eocenos, adelgazados con respecto a lo que se observa hacia el Este. El bloque inferior de esta estructura incluye la parte superior de dichos yesos y sus equivalentes laterales (Fm. Barbastro) y la Fm. Peraltila que aparecen ligeramente deformados y son cabalgados a su vez y desde el Norte por el frente de deformación de las Sierras Marginales. El bloque superior de este cabalgamiento (que constituiría el frente de deformación de la Sierras Marginales, equivalente al afloramiento del Pueyo de Barbastro) lo componen una serie de láminas que presentan una superficie de erosión en su parte superior sobre la cual se depositaron terrígenos equivalentes a la parte superior de la Fm. Barbastro y posiblemente, de la Fm. Peraltila. La Fm. Sariñena cubre este conjunto y dibuja un sinclinal donde los materiales *onlapan* las calizas lutecienses del anticlinal del Balzes, al Norte, y llegan a verticalizarse hacia el Sur cubriendo la traza del

retrocabalgamiento. En el flanco sur, los materiales de la Fm. Sariñena se disponen concordantes sobre los de la Fm. Peraltila.

La estructura profunda en el sector del Cinca se reduce al propio anticlinal de Barbastro-Balaguer (Fig. 2b), caracterizado por un flanco sur buzando alrededor de 50° al Sur y un flanco norte compuesto por las unidades terrígenas equivalentes a la Fm. Barbastro, sobre las que cabalga la lámina basal de las Sierras Marginales. Por encima de ésta se apoyan, discordantemente, unidades terrígenas equivalentes a la parte superior de la Fm. Barbastro y, posiblemente, la base de la Fm. Peraltila. Cubriendo prácticamente todo este conjunto aparecen, discordantes, los materiales de la Fm. Sariñena.

Por último, en el sector de Calasanz, el anticlinal de Peralta aparece como un pliegue apretado con núcleo evaporítico-lutítico inmediatamente al Sur del frente de deformación de las Sierras Marginales que cabalgan el flanco norte de este anticlinal (Fig. 2c, Senz y Zamorano, 1992). Su flanco sur llega incluso a invertirse. El anticlinal de Peralta se asocia a un cabalgamiento que queda fosilizado por la Fm. Sariñena en el flanco norte del sinclinal de Azanuy, localizado al Sur del anterior. Éste se presenta como un pliegue laxo que da paso, hacia el Sur, al propio ABB, cuyo flanco sur presenta una reducida escama de la Fm. Peraltila en relación a los retrocabalgamientos descritos en la cartografía.

## DISCUSIÓN: CUESTIONES ABIERTAS

Los criterios adoptados para reinterpretar el sondeo Ebro-3 son: i) la similitud litológica entre los materiales terrígenos de este sondeo que se atribuyen tradicionalmente a las facies Garumn, y materiales equivalentes a las Fm. Salinar y Peralta así como su posición dentro del autóctono de la Cuenca del Ebro y ii) el drástico aumento de potencia que las facies Garumn presentan en el sondeo (10 veces más de lo que se observa en superficie en la zona de estudio) considerando que la serie se dispone subhorizontalmente como indican los reflectores en la sísmica. Esta reinterpretación elimina la necesidad de interpretar una segunda lámina de cabalgamiento por debajo de la que ya se ha considerado (Millán, 1996). Otra cuestión asociada a este sondeo es la interpretación de los materiales atribuidos al Oligoceno e involucrados en la lámina de las Sierras Marginales por encima del nivel de erosión. Estos pueden corresponder tanto a la Fm. Barbastro en su totalidad o al tránsito entre las Fm. Barbastro y Peraltila, que estarían separadas por una barra carbonatada que atraviesa dicho sondeo igual que ocurre en el sector occidental (Luzón, 2001).

La disponibilidad de información del subsuelo, además de la geología de la superficie, permite un mayor control de la estructura en profundidad. A pesar

de ello, existen una serie de grados de libertad que quedan abiertos a la interpretación. En los perfiles de sísmica de reflexión, la conversión de tiempos a profundidades se ha llevado a cabo con cierta cautela dada la variabilidad litológica que existe en la zona y la diferencia entre los modelos de velocidad derivados de los sondeos Ebro-3 y Huesca-1.

La variación de la estructura y el cambio de orientación en el sector de Bierge pueden tener relación con la transición entre las Sierras Marginales y las Sierras Exteriores cuyo frente queda marcadamente desplazado. Otra posibilidad sería considerar el acuñamiento del nivel de despegue hacia el oeste, hecho que queda patente comparando los cortes CSab2 y CSab3 con el corte CSab1.

La diferencia existente entre la potencia de los yesos eocenos entre los cortes CSab1 y CSab2 radica en la incertidumbre sobre la profundidad y continuidad de los mismos bajo el ABB a partir de la señal sísmica.

Estas incógnitas pueden ser abordadas mediante otras técnicas como la gravimetría y la modelización gravimétrica, perfiles magnetotéluricos y modelización 3D de la estructura.

**AGRADECIMIENTOS** Trabajo financiado con el Proyecto DR3AM- CGL2014-55118 del MINECO (Proyecto coordinado del proyecto SALTACRES).

## REFERENCIAS

- Millán, H. (1996). *Estructura y cinemática del frente de cabalgamiento Surpirenaico, Sierras Exteriores aragonesas*. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza.
- Luzón, A. (2001). Análisis Tectosedimentario de los materiales Terciarios continentales del sector central de la Cuenca del Ebro (provincias de Huesca y Zaragoza.) Tesis Doctoral, Univ. Zaragoza,
- Martínez Peña, B., y Pocoví, A. (1988). El amortiguamiento frontal de la estructura de la cobertera Surpirenaica y su relación con el anticlinal de Barbastro-Balaguer. *Acta Geológica Hispánica*, 23, 81-94.
- Martínez Peña, M. B. (1991). La estructura del límite occidental de la unidad surpirenaica central. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 380 pp.
- Rodríguez-Pintó, A. (2012). *Magnetoestratigrafía del Eoceno inferior y medio en el frente Surpirenaico (Sierras Exteriores): Implicaciones cronoestratigráficas y cinemáticas*. Tesis doctoral, Univ- de Zaragoza.
- Senz, J.G. y Zamorano, M. (1992). Evolución tectónica y sedimentaria durante el Priaboniense superior-Mioceno inferior, en el frente de cabalgamiento de las Sierras Marginales Occidentales. *Acta Geológica Hispánica*, 27, 1-2, 195-209