

## Influencia de los niveles evaporíticos sin-orogénicos en la geometría del frente surpirenaico central: Anticlinales de Sanaüja y de La Sentiu – Almenara

### *Influence of syn-orogenic evaporitic levels in the geometry of central South Pyrenean front: Sanaüja and La Sentiu – Almenara anticlines*

O. Pla<sup>1</sup>, O. Ferrer<sup>1</sup>, O. Gratacós<sup>1</sup>, J. A. Muñoz<sup>1</sup> y E. Roca<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut de recerca GEOMODELS, Departament de Geodinàmica i Geofísica, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, C/ Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona. oriolpla@ub.edu.

**Resumen:** En cinturones de pliegues y cabalgamientos con niveles evaporíticos es típico el desarrollo de pliegues de adaptación de falla y de despegue. La geometría de estas estructuras, su cinemática, y sus propiedades mecánicas han sido ampliamente analizadas. Sin embargo, gran parte de la literatura existente se ha centrado en el estudio de los niveles evaporíticos pre-cinemáticos sin discutir el rol de los niveles evaporíticos depositados durante la deformación contractiva cuando, en realidad, son comunes en cuencas de antepaís deformadas (p.e., Cuenca de Tarim o Zagros, o Cuenca del Ebro entre otras).

Este trabajo se centra en la caracterización de la estructura de una zona del frente surpirenaico central mediante la realización de una cartografía geológica de detalle apoyada en un corte geológico compensado. El objetivo es mostrar el papel que han tenido los niveles evaporíticos sin-orogénicos (Paleógeno) en la geometría y evolución cinemática del frente surpirenaico central. Los resultados muestran que la terminación meridional de la sal sin-orogénica de la Fm. Cardona controla la posición del pliegue de despegue de Sanaüja. Y en la terminación meridional de los yesos sin-orogénicos de la Fm. Barbastro se forma una estructura tipo *cola de pez* que en superficie se corresponde con el pliegue de adaptación de falla de La Sentiu – Almenara.

**Palabras clave:** niveles evaporíticos sin-orogénicos, frente surpirenaico central.

**Abstract:** Detachment folds and fault-bend folds are common structures in fold-and-thrust systems containing evaporitic layers. The geometry of these structures, their kinematics, and their mechanical features have been widely analyzed. However, almost all the literature has considered pre-kinematic evaporites and practically not attended the rol of syn-kinematic evaporites during the contractional deformation when, in fact, they are common in deformed foreland basins (i.e., Tarim, Zagros or Ebro basins among others).

*This work is focused in the structure characterization of an area of central South Pyrenean by means of a detailed geological mapping supported by a balanced geological cross section. The aim is to show the role played of syn-orogenic evaporitic levels (Paleogene) in the geometry and kinematic evolution of central South Pyrenean front. The results show that the southern pinch-out of the syn-orogenic Cardona salt unit controls the position of the Sanaüja detachment fold. And in the southern pinch out of syn-orogenic Barbastro gypsum unit it develops a fish tail structure which surface expression is the La Sentiu – Almenara fault-bend fold.*

**Key words:** syn-orogenic evaporitic leyers, central South Pyrenean front.

## INTRODUCCIÓN

El sistema de pliegues y cabalgamientos de la Cuenca del Ebro Oriental está controlado por la geometría del nivel de despegue, que en gran medida depende de la localización de los niveles evaporíticos en la serie autóctona del antepaís. En la cuenca de antepaís surpirenaica se depositaron tres niveles evaporíticos (Fm. Beuda, Fm. Cardona, y Fm. Barbastro) que condicionaron fuertemente el estilo estructural regional (Fig. 1A). Éste es similar al observado en otros sistemas de pliegues y cabalgamientos despegados en evaporitas como en los

Apalaches, o la *salt range* en Pakistán entre otros (Vergés et al., 1992).

En este trabajo se muestra como los niveles evaporíticos sin-orogénicos (Paleógeno) influyen en la geometría y evolución cinemática del frente surpirenaico central gracias a la caracterización de la estructura de la zona de estudio. Para alcanzar los objetivos se ha realizado una cartografía geológica detallada y un corte geológico apoyado en los datos de campo, datos sísmicos de ocho perfiles, y los datos del pozo Guisona-1.

## CONTEXTO GEOLÓGICO

El margen septentrional de la cuenca de antepaís surpirenaica, en su sector oriental, estuvo controlado por el movimiento de las unidades alóctonas del Pirineo meridional (Serra et al., 1994). Estas unidades (manto del Cadí), incorporan ocasionalmente parte del

margen de la cuenca y están cabalgadas por los mantos superiores, formados principalmente por series mesozoicas y paleógenas muy reducidas. En el sector central pirenaico los mantos superiores (Boixols, Montsec y Sierras Marginales) cabalgan a las series paleógenas del autóctono, poco deformadas y en continuidad con la cuenca del Ebro.

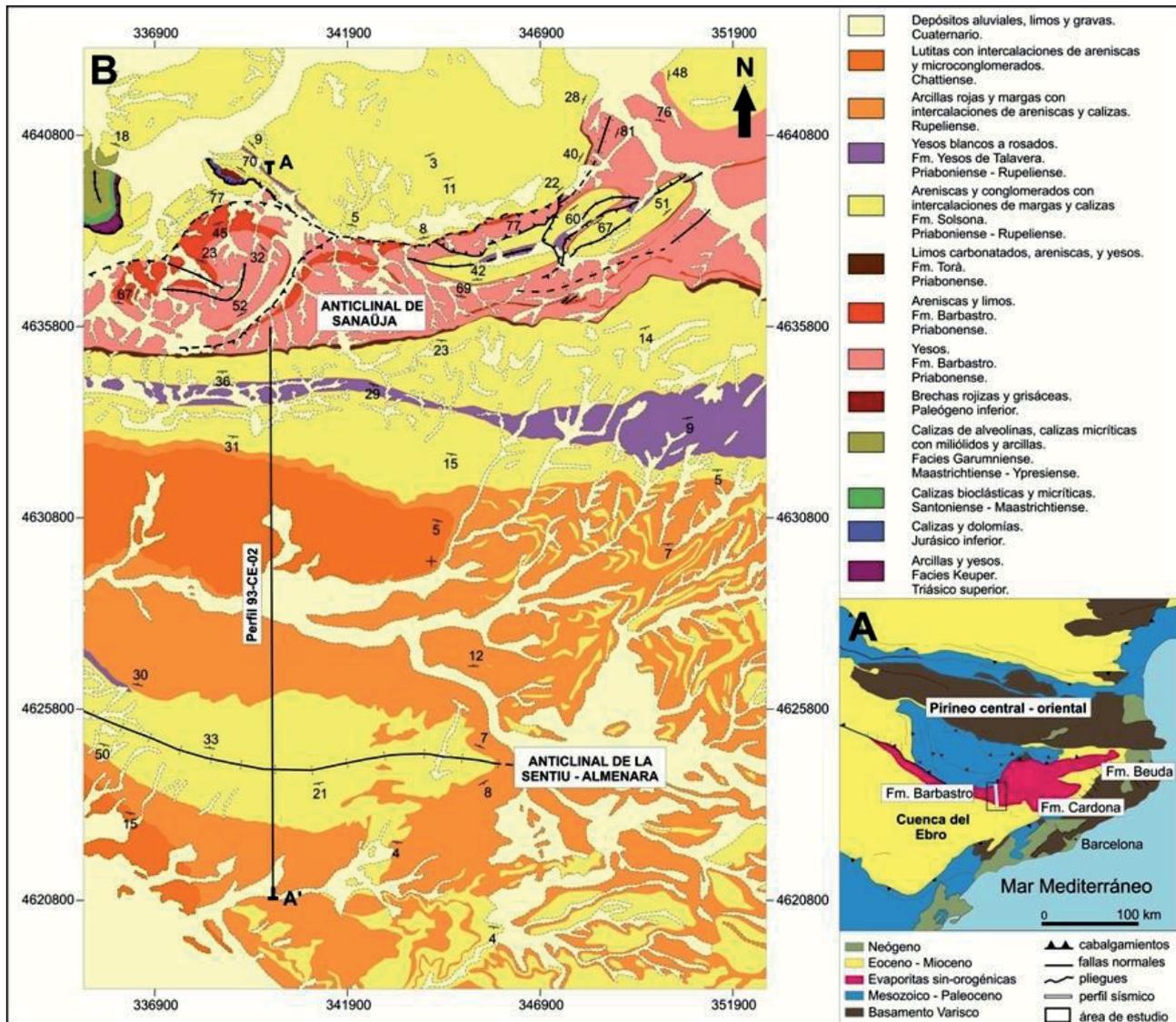


FIGURA 1. (A) Mapa de situación del Pirineo Central – Oriental y las diferentes formaciones de evaporitas sin-orogénicas. Modificado de Sans (2003). (B) Cartografía geológica de la zona de estudio donde se sitúa el corte geológico A – A' y el perfil sísmico 93-CE-02 en una línea negra continua.

La zona estudiada se localiza en las estructuras frontales del orógeno pirenaico central que deforman los materiales de la cuenca de antepaís al sur del cabalgamiento frontal surpirenaico (Figs. 1A y B). La geometría del frente de deformación surpirenaico varía de Este a Oeste y no coincide siempre con el frente de cabalgamientos emergentes (Vergés et al., 1992). En el Pirineo Central la Cuenca del Ebro está deformada por pliegues fallados y cabalgamientos. En esta zona, el frente de deformación se caracteriza en superficie por la existencia de antiformes que separan las capas subhorizontales e indeformadas de la cuenca de

antepaís de la cuenca deformada. En los casos de los antiformes de Sanaüja y el de La Sentiu – Almenara (Fig. 1B), a partir del despegue basal se forma un retrocabalgamiento dirigido hacia el Norte que constituye la estructura más frontal desarrollada en el antepaís. La geometría de estos antiformes ha contribuido a definir una zona triangular (Sans et al., 1996) entre el frente de cabalgamientos emergentes y la estructura frontal dirigida hacia el retropaís de manera similar a la zona triangular definida por Gordy et al. (1977) en la Rocky Mountains de Alberta.

## ESTRATIGRAFÍA

La serie afectada del autóctono del Ebro comienza con los yesos y lutitas de la Fm. Yesos de Barbastro (Priabonense) que presentan varias intercalaciones detríticas continuas. Sobre los yesos se apoyan los materiales lacustres formados por limos carbonatados, areniscas finas y yesos de la Fm. Torà (Priabonense).

Por encima se encuentran la sucesión fluvial de areniscas y conglomerados de la Fm. Solsona (Priabonense – Rupeliense) que intercala los yesos de la Fm. Yesos de Talavera (Priabonense – Rupeliense). Los materiales más modernos corresponden a arcillas rojas y margas con intercalaciones de areniscas (Rupeliense – Chattienne) (Fig. 1B).

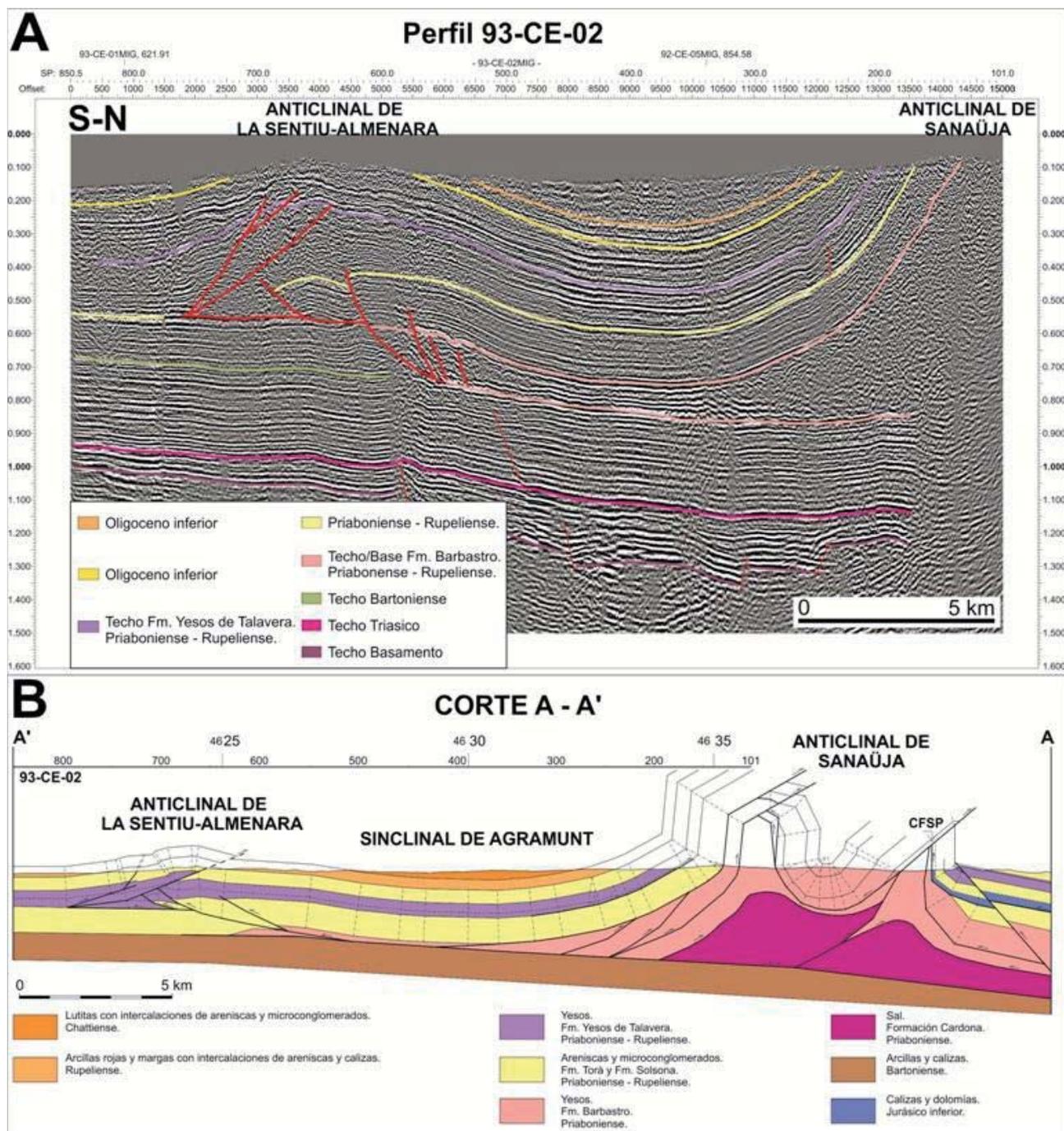


FIGURA 2. (A) Perfil sísmico 93-CE-02 de dirección S-N (ver situación en las figuras 1B) que muestra las principales características del Anticlinal de La Sentiu – Almenara y la relación con la distribución de los niveles evaporíticos de la Fm. Yesos de Barbastro y la Fm. Yesos de Talavera. (B) Corte Geológico A – A' de dirección S-N (ver situación en figura 1B). La parte meridional del corte coincide con el perfil sísmico 93-CE-02. CFSP: Cabalgamiento Frontal Surpirenaico.

## RESULTADOS

A partir de la cartografía de campo realizada en la zona así como del estudio de los datos sísmicos y de pozo se constata que la sal de Cardona (Fm. Cardona) y los yesos de Barbastro (Fm. Barbastro) son los niveles evaporíticos sin-orogénicos principales que constituyen el despegue basal de la zona triangular que desarrolla una geometría en rellanos y rampas. Los rellanos se desarrollan en los niveles evaporíticos y las rampas coinciden con sus límites meridionales. La situación de las rampas en profundidad corresponde con los cambios de orientación de los pliegues y cabalgamientos en superficie (Figs. 2A y B).

El anticlinal de La Sentiu – Almenara es la estructura frontal. Esta estructura está dominada por un antiforame suave cuya geometría se corresponde a grandes rasgos con un pliegue de adaptación de falla. La terminación meridional de los yesos de Barbastro genera una rampa que conecta el techo de estos yesos con los yesos de Talavera. Esta rampa enlaza con un corto rellano y finaliza con el sistema de retrocabalgamientos frontal dibujando una estructura tipo *cola de pez* (Fig. 2B).

El anticlinal de Sanaüja se presenta en esta transversal como una estructura compleja constituida a grandes rasgos por dos anticlinales separados por un sinclinal (Fig. 2B). La geometría de estos pliegues esta en parte determinada por cabalgamientos, tanto dirigidos hacia el antepaís como retrocabalgamientos que cortan el cabalgamiento frontal surpirenaico (CFSP) (Fig. 2B). Un aspecto que destaca a primera vista, es la deformación intensa de los yesos de los núcleos de los dos anticlinales que contrasta con la estructura más ordenada de los yesos del sinclinal y de los yesos y la serie detrítica del flanco Sur del antiforame de Sanaüja. En el núcleo de los anticlinales y en profundidad se ha interpretado la existencia de acumulaciones de sal de Cardona.

## CONCLUSIONES

La estructura de los antiforames de La Sentiu-Almenara y de Sanaüja está controlada por la posición de las rampas del despegue basal y por la terminación meridional de las facies evaporíticas.

Los antiforames de La Sentiu-Almenara y Sanaüja presentan en la actualidad una geometría y una estructura interna diferente. El antiforame de la Sentiu-Almenara corresponde a un pliegue de adaptación de falla. Su rampa superior define una cuña de cabalgamientos típica de una zona triangular frontal.

El antiforame de Sanaüja corresponde, en su conjunto, a un pliegue de despegue levantado. Presenta una estructura interna compleja dominada por la interferencia de cabalgamientos y pliegues asociados en su núcleo conjuntamente con una deformación intensa de los yesos. Este pliegue se superpone a cabalgamientos y pliegues desarrollados anteriormente tanto dirigidas hacia el Norte como dirigidas hacia el Sur. Además, durante el crecimiento del pliegue se forman retrocabalgamientos y despegues entre los yesos y la cobertera detrítica entre los yesos y las acumulaciones de sal en profundidad.

Las principales estructuras observadas deforman a todas las secuencias que afloran, por lo tanto su edad puede acotarse como post-Oligocena.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha financiado por el proyecto SALTCRETES (CGL2014-54118-C2-1-R) y el “Grup de Recerca de Geodinàmica i Anàlisi de Conques” (2014SGR-467). La investigación de O. Pla tiene el soporte económico de una beca APIF (31501) concedida por la Universitat de Barcelona. Se agradece a Seismic Micro-Technology y Midland Valley por permitir el uso de su programario (Kingdom Suite y Move).

## REFERENCIAS

- Gordy, P.L., Frey, F. R. y Norris, D. K. (1977): Geological guide for the Waterton-Glacier Park field conference, Canadian Society of Petroleum Geologist. 93p.
- Sans, M., Muñoz, J.M. y Vergés, J. (1996): Triangle zone and thrust wedge geometries related to evaporitic horizons (southern Pyrenees). Bulletin of Canadian Petroleum Geology, v.44 (2), 375-384.
- Sans, M. (2003): From thrust tectonics to diapirism. The role of evaporites in the kinematic evolution of the Eastern South Pyrenean front. Geologica Acta, vol.1, N°3, p. 239-259.
- Serra, J., Maestro, E. y Capdevila, J. (1994): La cubeta deposicional de Artesa de Segre (provincia de Lleida). Relaciones de la ciclicidad con la tectónica y el clima (Eoceno Superior y Oligoceno Inferior del NE de la depresión del Ebro). *Rev. Soc. Geol. España*, 7 (1-2): 75-89.
- Vergés, J., Muñoz, J.A. y Martínez, A. (1992): South Pyrenean fold-and-thrust belt: role of foreland evaporitic levels in thrust geometry. *In*: McClay, K.R. (ed). Thrust tectonics. Chapman&Hall, London, 255-264.