

Sistemas de cabalgamientos en las Sierras Interiores (Valles de Tena y del Aragón, Zona Surpirenaica)

Thrust systems in the Sierras Interiores (Tena and Aragón Valleys, South Pyrenean Zone)

Lidia Rodríguez, Julia Cuevas y Jose María Tubía

Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Apartado 644, 48080 Bilbao, España.
lidia.rodriguez@ehu.es; julia.cuevas@ehu.es; jm.tubia@ehu.es;

ABSTRACT

In this work we propose a structural model for the central part of the Sierras Interiores (South Pyrenean Zone). We have distinguished an "Upper Thrust System" showing duplex structures and deforming the upper part of the sedimentary sequence of Campanian to Paleocene age, and a "Deeper Thrust System", with a kilometric lateral continuity, that duplicates the Cenomanian limestones of the Sierras Interiores. The "Deeper Thrust System" is the upper thrust of an antiformal stack made up of at least 4 Paleozoic-involving thrusts. We consider that the "Deeper Thrust System" is related to the emplacement of the Gavarnie nappe.

Key-words: Thrust, Gavarnie Nappe, Sierras Interiores, Upper Thrust System, Deeper Thrust System.

RESUMEN

En este trabajo se propone una interpretación estructural del sector central de las Sierras Interiores (Zona Surpirenaica). Hemos diferenciado dos grandes grupos de cabalgamientos: el "Sistema Superior" de cabalgamientos con una estructura de tipo dúplex que afecta a la parte alta de la serie, desde el Campaniense al Paleoceno y el "Sistema Inferior", que duplica la base de la secuencia sedimentaria de las Sierras Interiores y que tiene una longitud kilométrica. El "Sistema Inferior" de cabalgamientos constituye la lámina superior de un apilamiento antiformal de, al menos, 4 escamas que implican al paleozoico. El "Sistema Inferior" está relacionado con el emplazamiento del manto de Gavarnie.

Palabras clave: Cabalgamiento, Manto de Gavarnie, Sierras Interiores, Sistema Superior, Sistema Inferior.

Geogaceta, 53 (2013), 65-68.
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 17 de junio de 2012
Fecha de revisión: 25 de octubre de 2012
Fecha de aceptación: 30 de noviembre de 2012

Introducción y características geológicas

Este trabajo se ha realizado en el sector central de las Sierras Interiores de la Zona Surpirenaica (ZSP), entre los valles de Tena y del río Aragón (Figs. 1A y B). Las Sierras Interiores son una alineación montañosa ONO-ESE formada por una sucesión sedimentaria de edad Cretácico Superior a Eoceno que limitan al sur la Zona Axial. Las Sierras Interiores están deformadas por un sistema de pliegues y cabalgamientos (Séguret, 1972; Labaume *et al.*, 1985; Teixell, 1998) y constituyen el bloque de techo del cabalgamiento de Gavarnie (Choukroune *et al.*, 1968a). En general, los cabalgamientos se localizan en niveles incompetentes, como las evaporitas triásicas. Sin embargo, en este sector existe una laguna estratigráfica

desde el Triásico hasta el Cretácico inferior (Ríos *et al.*, 1987), que origina la localización de los despegues en otros niveles incompetentes. Las zonas de falla suelen ser poco potentes, lo que añadido al difícil acceso a los afloramientos (por la altitud y las características del terreno) hace fundamental la identificación de niveles de referencia para poder determinar las duplicaciones dentro de la secuencia sedimentaria de las Sierras Interiores.

Los depósitos más antiguos de las Sierras Interiores son calizas de edad Cenomaniense que se disponen de manera discordante sobre los materiales paleozoicos de la Zona Axial (ZA). Hemos distinguido tres grupos cartográficos principales, que de muro a techo son (Fig. 1B): Un tramo calcáreo basal de edad Cenomaniense superior a Campaniense inferior y una potencia de 170

m. Son calizas grises de aspecto masivo, calizas arenosas ferruginosas de aspecto blando y calizas grises en bancos decimétricos a métricos (Ríos *et al.*, 1987). El tramo intermedio está constituido por la formación *Areniscas de Marboré*, de edad Campaniense a Maastrichtiense, compuesta por calizas arenosas, areniscas margosas y areniscas de cemento dolomítico, en tonos ocre. Trabajos previos han propuesto potencias muy variables para esta formación; nuestros datos indican una potencia mínima de 400 m. El tramo superior está formado por *dolomías, calizas masivas y calizas con nodulos de chert*, de edad Paleoceno y una potencia entre 130 y 230 m. Al sur de las Sierras Interiores afloran depósitos de tipo olistolítico, con desarrollo variable, cubiertos por las turbiditas que constituyen el relleno de la Cuenca de Jaca (Fig. 1B).

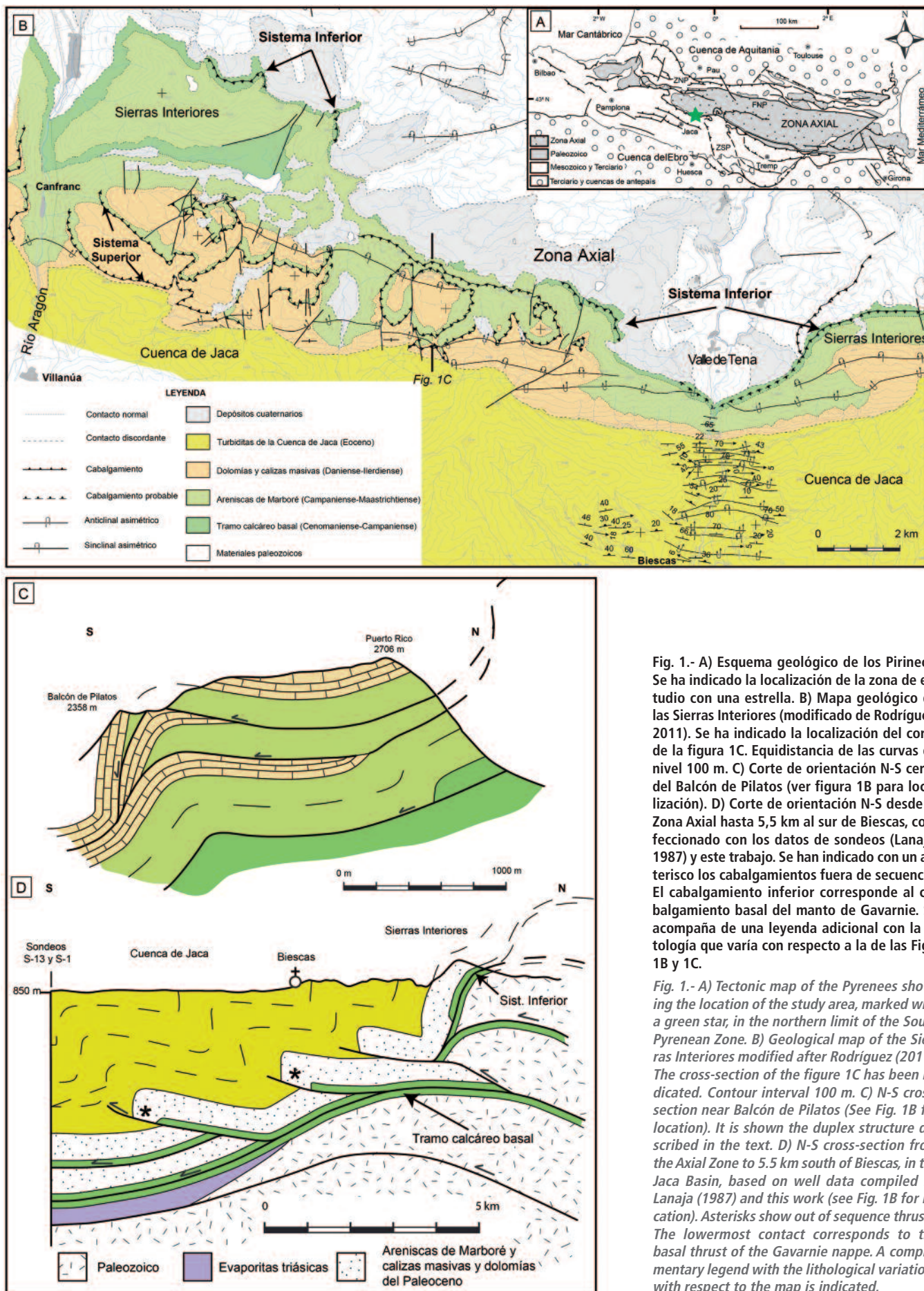


Fig. 1.- A) Esquema geológico de los Pirineos. Se ha indicado la localización de la zona de estudio con una estrella. B) Mapa geológico de las Sierras Interiores (modificado de Rodríguez, 2011). Se ha indicado la localización del corte de la figura 1C. Equidistancia de las curvas de nivel 100 m. C) Corte de orientación N-S cerca del Balcón de Pilatos (ver figura 1B para localización). D) Corte de orientación N-S desde la Zona Axial hasta 5,5 km al sur de Biescas, confeccionado con los datos de sondeos (Lanaja, 1987) y este trabajo. Se han indicado con un asterisco los cabalgamientos fuera de secuencia. El cabalgamiento inferior corresponde al cabalgamiento basal del manto de Gavarnie. Se acompaña de una leyenda adicional con la litología que varía con respecto a la de las Figs. 1B y 1C.

Fig. 1.- A) Tectonic map of the Pyrenees showing the location of the study area, marked with a green star, in the northern limit of the South Pyrenean Zone. B) Geological map of the Sierras Interiores modified after Rodríguez (2011). The cross-section of the figure 1C has been indicated. Contour interval 100 m. C) N-S cross-section near Balcón de Pilatos (See Fig. 1B for location). It is shown the duplex structure described in the text. D) N-S cross-section from the Axial Zone to 5.5 km south of Biescas, in the Jaca Basin, based on well data compiled by Lanaja (1987) and this work (see Fig. 1B for location). Asterisks show out of sequence thrusts. The lowermost contact corresponds to the basal thrust of the Gavarnie nappe. A complementary legend with the lithological variations with respect to the map is indicated.

Estructura de las Sierras Interiores

Este sector está deformado por un sistema de pliegues y cabalgamientos de orientación ONO-ESE (Fig. 1B). Los cabalgamientos tienen un desplazamiento hacia el sur asociado y un buzamiento variable ya que se encuentran deformados por un sistema de plegamiento posterior. Hemos reconocido dos sistemas de cabalgamientos (Figs. 1B y C): el "Sistema Inferior" (*deeper thrust system*) que afecta al tramo calcáreo basal y se puede reconocer en la zona norte de las Sierras a lo largo de más de 24 km, y el "Sistema Superior" (*upper thrust system*), formado por cabalgamientos de entidad menor que afectan a las Areniscas de Marboré y a las calizas del Paleoceno.

El "Sistema Inferior" aflora en general como un despegue paralelo a la estratificación, que se distingue en el paisaje por la duplicación del tramo calcáreo basal, aunque en algunos sectores también se reconocen rampas (Fig. 2). Como este sistema de cabalgamientos aflora únicamente en la cara norte de las Sierras Interiores, resulta difícil estimar el desplazamiento asociado, ya que sólo aflora su parte posterior. Tanto la geometría de algunas rampas como la vergencia hacia el sur de los pliegues asociados indica que el cabalgamiento es un rellano superior, generado a partir de un "fault-bend fold". Esta interpretación implica que el enraizamiento basal de la cobertura mesozoica dentro de la secuencia paleozoica debería localizarse hacia el norte, en la zona actualmente erosionada pero cercano a las Sierras Interiores.

El "Sistema Superior" de cabalgamientos afecta a las Areniscas de Marboré y a las calizas masivas y dolomías del Paleoceno. Las duplicaciones son fácilmente identificables en el paisaje y en las fotografías aéreas debido al contraste de color existente entre estos materiales. Como en el caso anterior, predominan las geometrías de rellano, aunque también se reconocen rampas de muro en las calizas masivas y dolomías del Paleoceno. No se han podido detectar las zonas de unión o intersección entre los cabalgamientos ("branch lines") debido a la falta de niveles de referencia dentro de las Areniscas de Marboré, donde se unen los cabalgamientos. La convergencia gradual hacia el sur de superficies de cabalgamiento adyacentes sugiere la existencia de sistemas de cabalgamiento agrupa-

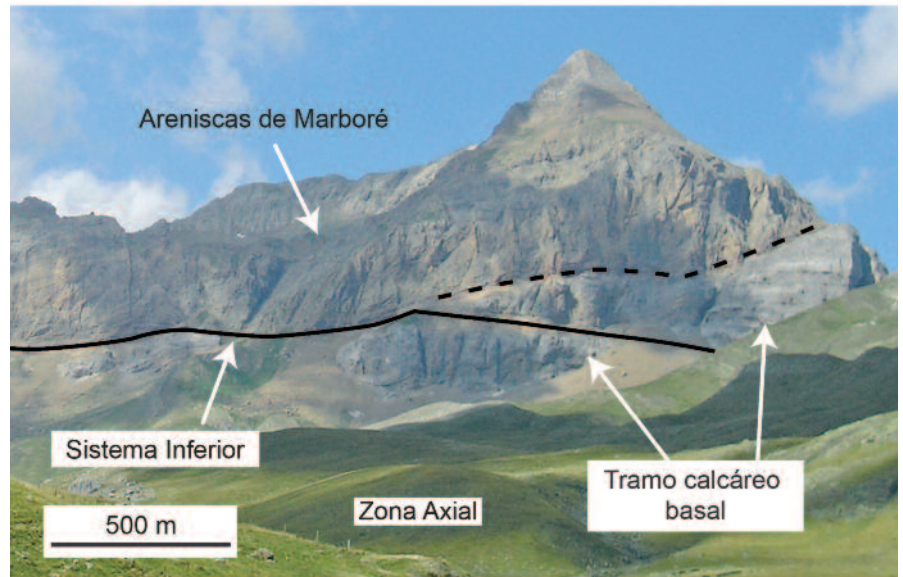


Fig. 2.- Rampa de muro en el tramo calcáreo basal del "Sistema Inferior" de cabalgamientos. Cara norte de las Sierras Interiores. Se ha indicado la estratificación con una línea discontinua.

Fig. 2.- Footwall ramp of the Deeper Thrust System affecting the lower calcareous section in the north side of the Sierras Interiores. Bedding is indicated with a dashed line.

dos en abanicos imbricados, como se ha propuesto en sectores al este de la zona de estudio (Millán Garrido *et al.*, 2006) y al oeste (Teixell y García Sansegundo, 1995). Sin embargo, en este sector de las Sierras Interiores se puede constatar que los cabalgamientos forman dúplex, ya que las superficies de cabalgamiento también convergen hacia el norte (Fig. 1C). Apenas existen criterios que ayuden a establecer una secuencia de propagación, pero atendiendo a la disposición en forma de dúplex de las láminas, ésta parece ser de bloque inferior, sin descartar la presencia de cabalgamientos fuera de secuencia. Los desplazamientos asociados presentan variaciones entre las escamas y oscilan entre 700 m y 1 km, aunque es probable que sean mayores debido a la erosión del frente del cabalgamiento y a que los cabalgamientos se iniciaron más al norte.

Pliegues asimétricos vergentes hacia el sur deforman a las Sierras Interiores, y a los cabalgamientos descritos (Figs. 1B y C). La orientación aproximada de los ejes de los pliegues es $10^{\circ}/080^{\circ}$, el ángulo entre flancos oscila entre 40° y 70° y tienen una longitud de onda aproximada de 800 m. El flanco corto es prácticamente vertical y a menudo está invertido, mientras que los flancos largos buzcan hacia el norte. Asociado al plano axial de estos pliegues, se puede reconocer una foliación (cleavage) en toda la zona estudiada, con una orientación

E-O y un buzamiento medio de 50° hacia el norte. Un ejemplo destacable de estas estructuras es el anticlinal que constituye el borde meridional de las Sierras Interiores, que se prolonga a lo largo de más de 12 km en el valle de Tena con un flanco corto de más de 500 m de longitud (Fig. 1B).

Discusión

Hemos realizado un corte general N-S que atraviesa la zona de estudio desde la ZA hasta aproximadamente 5 km al sur de Biescas (Fig. 1D). Para ello se han utilizado tanto datos de geología de campo como datos accesibles de los sondeos. La estructura global es un apilamiento de mantos con desplazamiento hacia el sur que involucra a los materiales paleozoicos de la ZA. Este apilamiento de láminas alóctonas permite explicar los cambios de buzamiento de la estratificación y de la foliación, así como el pronunciado desnivel topográfico existente entre la ZA y la Cuenca de Jaca.

El "Sistema Superior" de cabalgamientos se generó después del llerdiense, edad de los depósitos más jóvenes de las Sierras Interiores. No se han podido detectar las zonas de intersección de cabalgamientos ni su zona de raíz. Sin embargo, la geometría de las estructuras reconocida en algunos afloramientos, como el de la zona del Balcón de Pilatos (Fig. 1C), indica la presencia de un nivel de despegue en la base de las

Areniscas de Marboré, donde se enraizarían los cabalgamientos. Al oeste de la zona estudiada este despegue se conoce en la literatura como cabalgamiento de Larra (Teixell, 1996), y como cabalgamiento de Monte Perdido al este (Séguret, 1972; Parish, 1984). El "Sistema Superior" de cabalgamientos es de segundo orden con respecto al "Sistema Inferior" que hemos reconocido, tal y como lo indica la presencia de rampas de techo y de muro en el tramo calcáreo basal. Además, si tenemos en cuenta su gran extensión lateral (Fig. 1B), el "Sistema Inferior" es una estructura que tiene un recorrido regional en la ZSP.

El plegamiento que deforma a los cabalgamientos ha sido reconocido tanto en las Sierras Interiores como en la Cuenca de Jaca (Rodríguez, 2011). En la parte norte de la Cuenca de Jaca los depósitos turbidíticos plegados más modernos son anteriores al Cuisiense superior - Luteciense (Ríos *et al.*, 1987). Por lo tanto, el plegamiento tuvo lugar entre el Eoceno inferior y el Eoceno medio. El anticlinal que constituye el borde meridional de las Sierras Interiores lo interpretamos como una evidencia de la deformación progresiva inducida por el emplazamiento de los cabalgamientos sucesivamente más bajos que genera un apretamiento de las estructuras previas (Fig. 1D).

Teniendo en cuenta los datos presentados, se propone una interpretación de la estructura de las Sierras Interiores como un apilamiento de mantos en secuencia "piggy back", formado por 4 láminas de espesor similar y que implican a los materiales paleozoicos (Fig. 1D). Algunos cabalgamientos son ciegos y generan pliegues ("fault-bend fold", Tavani y Storti, 2006). También se han considerado estructuras fuera de secuencia, como las de la parte central de la figura 1D. Los sondeos disponibles al sur de la zona de estudio (5 km al sur de Biescas; Lanaja, 1987) prueban la presencia de dos cabalgamientos que duplican el tramo cal-

cáreo basal y la existencia de evaporitas triásicas a 4,9 km de profundidad. Las evaporitas triásicas constituyen un nivel de despegue principal para los cabalgamientos alpinos de la ZSP, lo que sugiere la localización del Manto de Gavarnie a esa profundidad.

Conclusiones

Este trabajo presenta una cartografía del sector central de las Sierras Interiores (Fig. 1B) y un corte general de orientación N-S (Fig. 1D). Se ha diferenciado un "Sistema Superior" de cabalgamientos, con una estructura dúplex de tipo "piggy back" (Fig. 1C), y un "Sistema Inferior", más moderno (Figs. 1C y D).

El "Sistema Inferior" de cabalgamientos que hemos identificado tiene una entidad regional. Aunque tiene características estructurales que lo hacen similar al cabalgamiento basal de Larra, el "Sistema Inferior" de cabalgamientos se localiza en niveles más profundos y presenta rampas asociadas (ver Fig. 1B), mientras que el cabalgamiento basal de Larra no genera duplicaciones (Teixell y García Sansegundo, 1995). El "Sistema Inferior" de cabalgamientos es el único afloramiento y el cabalgamiento más alto del conjunto de las 4 láminas apiladas que afectan al paleozoico en esta región (Figs. 1B y D).

El Manto de Gavarnie se ha localizado en este sector a profundidades entre 4 y 6 km (Choukroune *et al.*, 1968b; Teixell y García Sansegundo, 1995). Conviene señalar que la estructuración alpina de los materiales paleozoicos por debajo de las Sierras Interiores se ha obviado en la mayor parte de los trabajos precedentes.

Agradecimientos

Agradecemos la revisión del manuscrito realizada por los Drs. Benito Ábalos y Antonio

Casas. Este trabajo se ha financiado por los proyectos de investigación CGL2010-14869 y CGL-2011-23755 (Ministerio de Educación y Ciencia) y Grupos consolidados de Investigación del Sistema Universitario Vasco (Gobierno Vasco) IT-364-10.

Referencias

- Choukroune, P., Martínez, C., Séguret, M. y Mattauer, M. (1968a). *Comptes Rendus de la Académie des Sciences Paris*, 266, 1360-1363.
- Choukroune, P., Séguret, M. y Mattauer, M. (1968b). *Comptes Rendus de la Académie des Sciences, Paris*, 267, 2088-2091.
- Labauve, P., Séguret, M. y Seyve, C. (1985). *Tectonics*, 4, 661-685.
- Lanaja, J.M. (1987). *Contribución de la exploración petrolífera al conocimiento de la Geología de España*. Instituto Geológico y Minero de España, 465 p.
- Millán Garrido, H., Oliva-Urcia, B. y Pocoví, A. (2006). *Geogaceta*, 40, 35-38.
- Parish, M. (1984). *Journal of Structural Geology*, 6, 247-255.
- Ríos, J.M., Galera, J.M., Baretino, D. y Lanaja, J.M. (1987). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 145 (Sallent)*. IGME.
- Rodríguez, L. (2011). *Análisis de la estructura varisca y alpina en la transversal Sallent-Biescas (Pirineos centrales, Huesca)*. Tesis Doctoral, Univ. del País Vasco UPV/EHU. Publicada por el Laboratorio Xeológico de Laxe, Serie Nova Terra 41, 186 p.
- Séguret, M. (1972). *Étude tectonique des nappes et séries décollées de la partie centrale du versant sud des Pyrénées. Caractère synsédimentaire, rôle de la compression et de la gravité*, Publications USTELA. Série Géologie Structurale nº 2, 155 p.
- Tavani, S. y Storti, F. (2006). *Terra Nova*, 18, 270-275.
- Teixell, A. (1996). *Journal of the Geological Society*, 153, 301-310.
- Teixell, A. (1998). *Tectonics*, 17, 395-406.
- Teixell, A. y García Sansegundo, J. (1995). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 8, 215-228.