

Evolución de paleoesfuerzos registrada en la cuenca cenozoica de Montalbán (Teruel, Cordillera Ibérica)

Paleostress evolution recorded at the Cenozoic Montalbán basin (Teruel province, Iberian Chain)

José L. Simón

Departamento de Ciencias de la Tierra, grupo Geotransfer-IUCA, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna 12, 50009, Zaragoza, España.
jsimon@unizar.es

ABSTRACT

Solution lineations in conglomerate pebbles are analysed in 29 data sites through the Cenozoic series of the Montalbán basin. The results allow reconstructing three intraplate compressional stress fields that follow four evolutionary stages between Eocene (?)–early Oligocene and early Miocene times, with compression directions WNW-ESE, NE-SW, NNW-SSE and NNE-SSW, respectively. Such evolution is common to the overall Iberian Chain, and its timing is reinforced thanks to the paleostress record within syntectonic units.

Key-words: stress field, solution lineation, alpine compression, Utrillas thrust.

Geogaceta, 66 (2019), 111-114
ISSN (versión impresa): 0213683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Introducción

A pesar de la abundante información sobre paleoesfuerzos existente en la Cordillera Ibérica, es escasa la registrada en las unidades cenozoicas, lo que debilita el control cronológico de la compresión alpina. La litología del Cenozoico no suele favorecer que se formen planos de falla estriados, las estructuras más aptas para la inversión de esfuerzos. No obstante, los conglomerados calcáreos de las cuencas cenozoicas albergan otras estructuras útiles: las lineaciones de disolución en cantos. Su estudio a lo largo del relleno de la cuenca de Aliaga ha dado resultados muy satisfactorios (Simón, 2006c).

En este trabajo aplicamos esa misma metodología a la vecina cuenca sintectónica de Montalbán, reconstruyendo la evolución del campo de esfuerzos en el entorno del cabalgamiento de Utrillas (cuyo frente se sitúa entre ambas), y contribuyendo así a

comprender la dinámica de una de las principales estructuras contractivas de la Cordillera Ibérica.

Marco geológico

La cuenca de Montalbán se sitúa en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica, en el extremo SE de la cuenca de Calatayud (Fig. 1). Está limitada al norte por el anticlinal de Montalbán (del que aflora su núcleo paleozoico) y al sur por el cabalgamiento de Utrillas (Fig. 2). En su relleno se diferencian seis unidades tectosedimentarias, cuatro de edad paleógena (T1 a T4) y dos neógenas (T5 y T6), que totalizan un espesor acumulado superior a 2000 m (Pérez *et al.*, 1983; Pérez, 1989; Casas *et al.*, 2000). Dichas unidades son correlacionables a escala de cuenca y con cuencas vecinas (Pardo *et al.*, 1989), lo que permite establecer un paralelismo evolutivo con la cuenca de Aliaga.

RESUMEN

Se analizan lineaciones de disolución en cantos de conglomerados en 29 estaciones a lo largo de la serie cenozoica de la cuenca de Montalbán. Los resultados permiten reconstruir tres campos de esfuerzos compresivos intraplaca que se suceden en cuatro estadios evolutivos entre el Eoceno (?)–Oligoceno inferior y el Mioceno inferior, con direcciones de compresión ONO-ESE, NE-SO, NNO-SSE y NNE-SSO, respectivamente. Esta evolución es común al conjunto de la Cordillera Ibérica, y su cronología se ve reforzada al analizarse el registro de paleoesfuerzos en las unidades sintectónicas.

Palabras clave: campo de esfuerzos, lineación de disolución, compresión alpina, cabalgamiento de Utrillas.

Recepción: 30 de junio de 2018
Revisión: 23 de octubre de 2018
Aceptación: 24 de mayo de 2019

El cabalgamiento de Utrillas presenta una traza groseramente arqueada de dirección media E-O, y un desplazamiento de entre 6 y 7 km hacia el N y NE (Casas *et al.*, 2000;



Fig. 1.- Situación del área de estudio. Ver figura en color en la web.

Fig. 1.- Location of the study area. See color figure in the web.

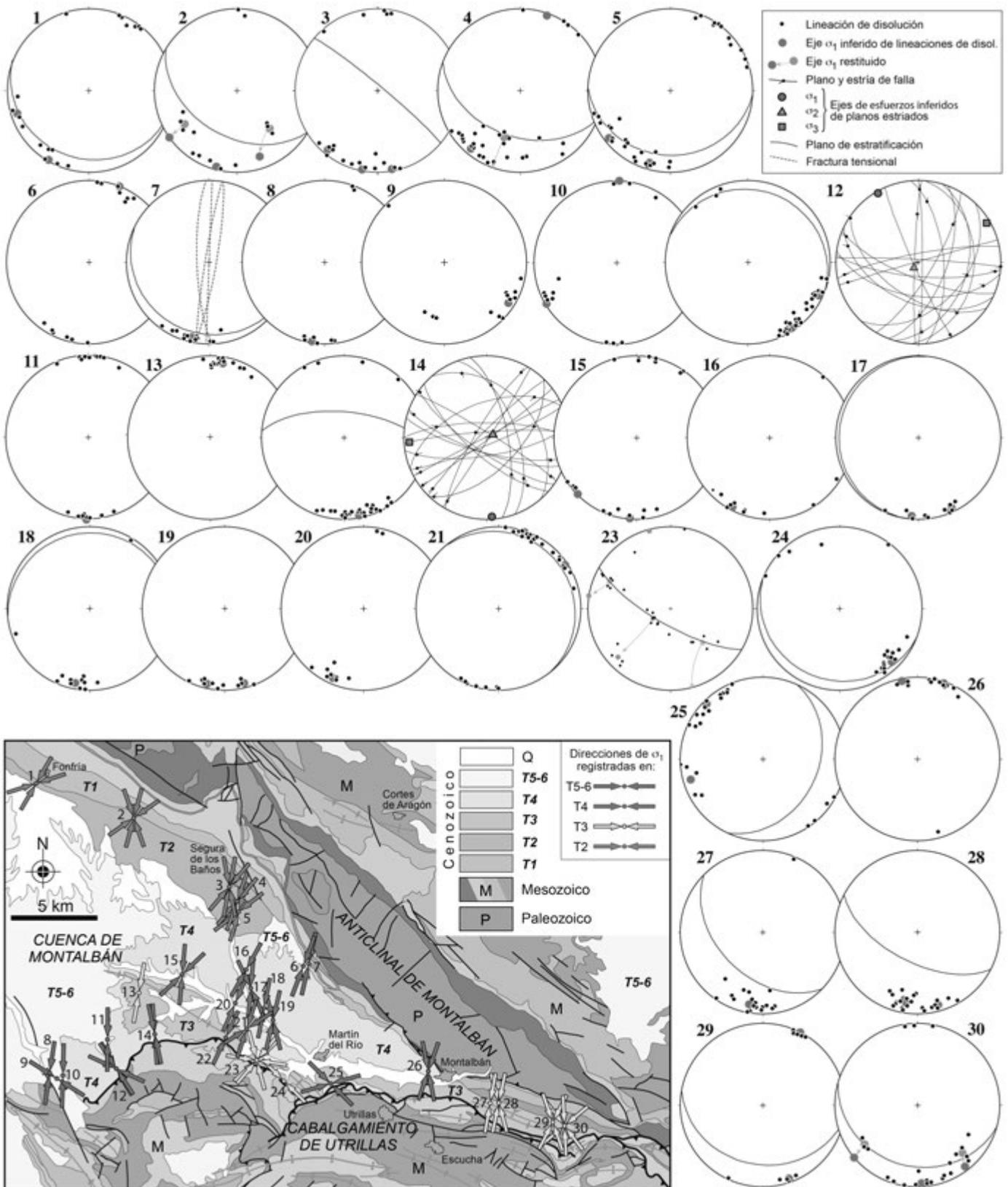


Fig. 2.- Resultados generales del análisis de paleoesfuerzos en la cuenca cenozoica de Montalbán. Ver figura en color en la web.

Fig. 2.- Overall results of paleostress analysis in the Cenozoic Montalbán basin. See color figure in the web.

Simón y Liesa, 2011). Representa la inversión tectónica positiva de las fallas que limitaban por el norte la subcuenca cretácica de Las Parras. La lámina cabalgante registra una defor-

mación interna notable, con dos familias de pliegues, una temprana NO-SE a N-S y otra tardía ENE-OSO, que forman numerosas estructuras de superposición (Simón, 2004).

La lámina cabalga hacia el norte sobre la cuenca de Montalbán, que actúa de este modo como cuenca de *foreland*, mientras la de Aliaga representa una cuenca de *piggy*-

back (González y Guimerà, 1993) que es transportada pasivamente sobre la lámina y deformada conjuntamente con esta.

Metodología

El análisis de paleoesfuerzos a partir de lineaciones de disolución en cantos de conglomerados sigue la metodología propuesta por Simón (2006a). Las lineaciones desarrolladas con patrón "centrífugo" a partir de dos polos opuestos de máxima disolución se analizan determinando en estos la orientación media de los picos estilolíticos, que será la orientación óptima del eje σ_1 . Si se observan solo porciones limitadas de los cantos, la media de todas las lineaciones en un afloramiento puede asimilarse también estadísticamente al eje σ_1 , especialmente bajo deformación con reducción de volumen, en que las trayectorias de los granos insolubles tienden a ser paralelas entre sí (Simón, 2006a,c; 2007).

El tratamiento de orientaciones se ha hecho siguiendo un protocolo que incluye (Simón, 2006b): (a) caracterización de medias y desviaciones de muestras unimodales; (b) discriminación entre muestras uni- y polimodales, y separación de submuestras dentro de las segundas utilizando el diagrama de densidad y comparando con muestras unimodales; (c) aplicación de un test de pertenencia basado en el cono de confianza del 95%.

Se han medido asimismo planos estriados que han sido sometidos a métodos convencionales de análisis poblacional (Diedros Rectos; Angelier y Mechler, 1977; diagrama y-R, Simón, 1986; método de Etchecopar *et al.*, 1981).

Resultados

Se han analizado un total de 29 estaciones en el Cenozoico de la cuenca de Montalbán, repartidas en conglomerados de las unidades T2 a T6. En todas ellas se han medido lineaciones de presión-disolución (entre 6 y 34 datos), totalizando 514 en el conjunto de la cuenca. A partir de ellas se han inferido 50 orientaciones de ejes σ_1 subhorizontales. Dos estaciones contienen asimismo planos de falla estriados, a las que se añade una tercera (estación 22) estudiada por Calvo (1993). Los resultados aparecen compilados en la figura 2 (distribución espacial) y figura 3 (distribución según la unidad estratigráfica donde se registran).

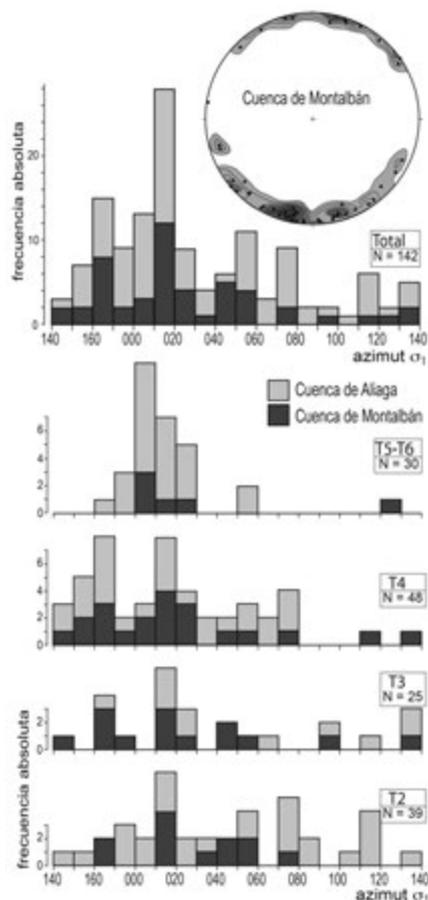


Fig. 3.- Arriba: estereograma sintético de ejes σ_1 en la cuenca de Montalbán. Histogramas: distribuciones de azimuts de ejes σ_1 registradas en cada unidad estratigráfica en las cuencas de Montalbán y Aliaga. Ver figura en color en la web.

Fig. 3.- Above: synthetic stereonet of σ_1 axes in the Montalbán basin. Histograms: azimuth distributions of σ_1 axes for each stratigraphic unit within the Montalbán and Aliaga basins. See color figure in the web.

Se distinguen varios máximos significativos en los azimuts de σ_1 , que son definidos como *direcciones preferentes de compresión* sin prejuzgar su significado genético (Liesa y Simón, 2006). Conforme ascendemos en la serie estratigráfica, el número de máximos significativos se va reduciendo de forma notoria.

Esas direcciones preferentes son:

- NNE-SSO (rango 000 a 030); es la mejor representada y más persistente en todas las unidades.

- NNO-SSE (rango 140-180, con un máximo destacado en 160-170); claramente registrada en la unidad T4 y, en menor medida, en T2 y T4.

- NE-SO (rango 040 a 060); bien definida en las unidades T2, T3 y T4, y ausente en M5.

Se registran también otros ejes σ_1 más dispersos en el rango 090-140, sin llegar a

definir una dirección preferente ni un patrón claro de distribución estratigráfica.

Interpretación y discusión

Estas direcciones preferentes de compresión coinciden con las registradas en la cercana cuenca de Aliaga (Simón, 2006c), tal como muestra la figura 3. Se correlacionan asimismo con las definidas en otras áreas de la Cordillera Ibérica, recopiladas y sintetizadas por Liesa y Simón (2009). Las tres direcciones más robustas son denominadas en la literatura, respectivamente, *Pirenaica*, *Guadarrama* e *Ibérica*. La dirección peor definida, en el rango 090-140, se correspondería con la denominada compresión *Bética*.

Las distribuciones de direcciones de compresión recogidas en las figuras 2 y 3 permiten valorar las posibles heterogeneidades espaciales y temporales del campo de esfuerzos. En cuanto a las primeras, los ejes obtenidos en estaciones próximas entre las que se percibe alguna variación gradual, sugieren que las perturbaciones tienen un alcance limitado. No obstante, el hecho de que algunas estaciones próximas al cabalgamiento (12, 23, 24, 25) sean las que registran más variedad de ejes σ_1 y mayor presencia de los orientados ONO-ESE sugiere que estos podrían representar también desviaciones de esfuerzos.

Por su parte, la evolución temporal de las direcciones de compresión se ha analizado a partir de distintos criterios de cronología relativa. Dado el paralelismo que existe con la cuenca de Aliaga, recopilaremos las evidencias obtenidas en ambas cuencas para obtener un modelo evolutivo conjunto:

(a) Relaciones de corte entre lineaciones de disolución dentro de una misma estación. Las relaciones observadas en la cuenca de Aliaga indican que la secuencia cronológica más probable entre las distintas direcciones preferentes de compresión (compatible con un 86,4% de los datos disponibles) es: ESE-ENE-SSE-NNE (Simón, 2006c).

(b) Relaciones entre esfuerzos locales y pliegues, teniendo en cuenta que en la cuenca de Aliaga las estructuras de superposición y las relaciones tecto-sedimentarias indican que los de dirección NO a NNO son anteriores a los de dirección E a ENE. De acuerdo con ello, la compresión ESE sería la más temprana por registrarse con anterioridad a ambas generaciones de pliegues. La compresión ENE, compatible con la primera generación, sería *grosso modo* contemporánea de la misma y anterior a la segunda generación. Las compresiones NNE y

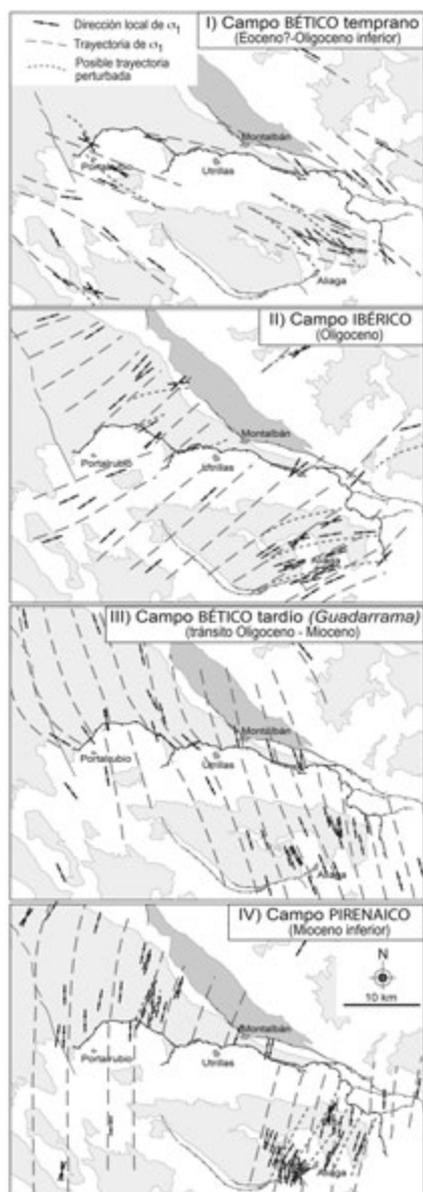


Fig. 4.- Modelo evolutivo de campos de esfuerzos en las cuencas de Montalbán y Aliaga y la lámina cabalgante de Utrillas. Basado en los resultados de este trabajo y en los de Simón (2006c). Ver figura en color en la web.

Fig. 4.- Evolutionary model of stress fields in the Montalbán and Aliaga basins, and the Utrillas thrust sheet. Based on the results of this study and on those by Simón (2006c). See color figure in the web.

SSE serían posteriores a la primera generación de pliegues y contemporáneas de la segunda (Simón, 2006c). Dentro de la cuenca de Montalbán, las relaciones entre ejes de esfuerzos y flancos de pliegues NO-SE (estaciones 2, 3, 4, 23, 27, 28, 29 y 30) son también compatibles con esa misma cronología: la compresión ESE a SE es anterior a esos pliegues *ibéricos* (3 relaciones frente a 0), la compresión NE a ENE es aproximadamente contemporánea de ellos (4 relaciones anteriores y 2 posteriores), y las SSE y

NNE son posteriores (4 relaciones frente a 1 y 5 frente a 0, respectivamente).

(c) Distribución del registro de ejes de esfuerzos a lo largo de la serie estratigráfica (Fig. 3). La dirección ESE se mantiene en ambas cuencas con nitidez sólo hasta la unidad T3; las direcciones ENE y SSE, hasta T4; la dirección NNE afecta de forma nítida a todas las unidades, y es la única significativa presente en T5-T6.

Con todo ello, puede construirse un modelo evolutivo de la compresión cenozoica constituido por tres campos de esfuerzos intraplaca que se combinan en cuatro estadios evolutivos (Fig. 4):

(I) Estadio temprano del campo *Bético* (ESE), activo hasta la unidad T3 (Eoceno?-Oligoceno inferior).

(II) Campo *Ibérico* (NE-SO), activo hasta la unidad T4 (Oligoceno superior).

(III) y (IV) Estadio tardío del campo *Bético* (compresión *Guadarrama*, NNO-SSE), seguido inmediatamente por el campo *Pirenaico* (NNE-SSO). El primero afecta con claridad a T4 (Oligoceno superior) y quizá a T5; el segundo, claramente a T5-T6 (Mioceno inferior). Hay que considerar, no obstante, un probable solapamiento temporal entre las compresiones *Guadarrama* y *Pirenaica*. De hecho, la coexistencia de ambas, o incluso de un espectro de direcciones preferentes en torno a N-S, es un hecho común en la Cordillera Ibérica durante el Neógeno y Cuaternario (Arlegui *et al.*, 2005; Ezquerro y Simón, 2017).

Conclusiones

El modelo evolutivo de la compresión cenozoica en la cuenca de Montalbán, así como en la vecina cuenca de Aliaga, incluye la siguiente sucesión de campos de esfuerzos: (I) *Bético temprano* (ESE), hasta el Oligoceno inferior; (II) *Ibérico* (NE-SO), hasta el Oligoceno superior; (III) *Bético tardío* (compresión *Guadarrama*, NNO-SSE), hasta el tránsito Oligoceno-Mioceno; (IV) *Pirenaico* (NNE-SSO), hasta el Mioceno inferior.

Esta sucesión es compatible con el modelo propuesto por Liesa y Simón (2009) para el conjunto de la Cordillera Ibérica. La buena definición de las direcciones preferentes de σ_1 , su similitud con las inferidas en otros sectores de la cadena, las discretas desviaciones evidenciadas en las trayectorias de esfuerzos y la consistente secuencia cronológica sugieren que la diversidad de sistemas de paleoesfuerzos es producto más de variaciones temporales que de heterogeneidades espaciales. Las direcciones preferentes de compresión adquieren así un significado genético, en

cuanto expresión de sucesivos campos regionales de esfuerzos enmarcados en un escenario geodinámico cambiante.

Agradecimientos

Trabajo financiado por el Gobierno de Aragón y FEDER, a través del grupo de investigación Geotransfer. Agradecemos las sugerencias de G. de Vicente y de otro revisor anónimo.

Referencias

- Angelier, J. y Mechler, P. (1977). *Bulletin Société Géologique de France* 19, 1309-1318.
- Arlegui, L.E., Simón, J.L., Lisle, R.J. y Orife, T. (2005). *Journal of Structural Geology* 27, 693-705.
- Calvo, J.M. (1993). *Cinématica de las fallas discontinuas en el sector central de la Cordillera Ibérica*. Tesis Doctoral, Univ. Zaragoza, 179 p.
- Casas, A.M., Casas, A., Pérez, A., Tena, S., Barrier, L., Gapais, D. y Nalpas, Th. (2000). *Geodinamica Acta* 1, 1-17.
- Etchecopar, A., Vasseur, G. y Daignières, M. (1981). *Journal of Structural Geology* 3, 51-65.
- Ezquerro, L. y Simón, J.L. (2017). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 30, 9-26.
- González, A. y Guimerà J. (1993). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 6, 151-165.
- Liesa, C.L. y Simón, J.L. (2006). *Mathematical Geology* 39, 337-348.
- Liesa, C.L. y Simón, J.L. (2009). *Tectonophysics* 474, 144-159.
- Pardo, G., Villena, J. y González, A. (1989). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 2, 199-219.
- Pérez, A. (1989). *Estratigrafía y sedimentología del Terciario del borde meridional de la Depresión del Ebro (sector riojano-aragonés) y cubetas de Muniesa y Montalbán*. Tesis Doctoral, Univ. Zaragoza, 525 p.
- Pérez, A., Pardo, G., Villena, J. y González, A. (1983). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 81, 197-223.
- Simón, J.L. (1986). *Tectonophysics* 124, 37-53.
- Simón, J.L. (2004). *Journal of Structural Geology* 26, 1447-1464.
- Simón, J.L. (2006a). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 19, 153-162.
- Simón, J.L. (2006b). *Geogaceta* 40, 67-70.
- Simón, J.L. (2006c). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 19, 163-179.
- Simón, J.L. (2007). *Tectonophysics* 445, 337-352.
- Simón, J.L. y Liesa, C.L. (2011). *Geological Society of London, Special Publication* 349, 77-97.