

# Influencia del Keuper y de la estructuración tardivarisca en la arquitectura de las unidades sin-extensionales del borde norte de la Cuenca de Cameros

## *Influence of Keuper and late-variscan structure on the architecture of syn-extensional units of the northern margin of the Cameros Basin*

P. Suarez-Gonzalez<sup>1,2</sup>, M.I. Benito<sup>1,2</sup>, R. Mas<sup>1,2</sup>, I.E. Quijada<sup>3</sup> y S. Campos-Soto<sup>1,2</sup>

1 Dpto. Estratigrafía, Universidad Complutense de Madrid, c/ José Antonio Novais 12, 28040, Madrid. pablosuarez@geo.ucm.es

2 Instituto de Geociencias IGEO (CSIC, UCM), c/ José Antonio Novais 12, 28040, Madrid.

3 Dpto. Geología, Universidad de Oviedo, c/ Jesús Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo.

**Resumen:** Este trabajo aporta nuevos datos cartográficos y sedimentológicos para aclarar la controvertida evolución tectónica extensional de la Cuenca de Cameros (N de España). La geometría actual del borde norte de la cuenca representa la continuación de lineaciones tardivariscas NO-SE y SO-NE reconocidas en la Cuenca Vasco-Cantábrica, a lo largo de las cuales se produjo una importante tectónica salina sin-extensional. En la zona de estudio, la distribución irregular de los depósitos plásticos del Keuper es interpretada aquí como debida a una movilización sin-extensional. De este modo, la estructuración tardivarisca del basamento y las movilizaciones de Keuper, asociadas a ella, permiten explicar la arquitectura y distribución de las unidades sin-extensionales del relleno de la cuenca.

**Palabras clave:** Tectónica salina, Keuper, Cretácico Inferior, Cuenca de Cameros, tectónica-sedimentación.

**Abstract:** This work provides new mapping and sedimentological data to shed light on the controversial extensional-tectonic evolution of the Cameros Basin (N Spain). The present-day geometry of the northern margin of the basin represents the continuation of NW-SE and SW-NE late-variscan lineaments of the Basque-Cantabrian Basin, along which important syn-extensional salt-tectonics occurred. In the study area, the irregular distribution of the Keuper plastic deposits is interpreted here as due to syn-extensional mobilization. Thus, the late-variscan basement structure and the Keuper mobilizations related to it, allow explaining the architecture and distribution of the syn-extensional units of the basin infill.

**Key words:** Salt tectonics, Keuper, Lower Cretaceous, Cameros Basin, tectonics-sedimentation.

## INTRODUCCIÓN Y MÉTODOS

En las cuencas sedimentarias extensionales que han sufrido inversión tectónica es difícil discernir entre los rasgos tectónicos debidos a la fase contractiva y los asociados a la extensión previa. Un buen ejemplo es la Cuenca de Cameros, cuya tectónica compresiva ha originado un gran debate sobre su modelo tectónico extensional (Omodeo-Salè et al., 2014 y referencias en el interior). En el presente estudio se analiza la arquitectura sedimentaria de las unidades sin-extensionales del borde norte de esta cuenca con el objetivo de interpretar algunos de los factores tectónicos que influyeron en su desarrollo. Para ello, se ha realizado una exhaustiva revisión cartográfica y se han tomado 108 medidas de paleocorrientes en depósitos clásticos sin-extensionales de origen aluvial. Este trabajo aporta nuevos datos a los modelos sobre la evolución tectónica de la Cuenca de Cameros, permitiendo además relacionarla con otras cuencas coetáneas y enmarcarla en el contexto general de la extensión mesozoica de Iberia.

## MARCO GEOLÓGICO

La Cuenca de Cameros es una cuenca sedimentaria intraplaca desarrollada entre el Titoniense y el Albiense inferior, que forma parte del Sistema de Rift Ibérico Mesozoico y que fue invertida durante la orogenia Alpina (e.g. Omodeo-Salè et al., 2014 y referencias en el interior). En el contexto de Iberia, la Cuenca de Cameros destaca por encontrarse en la intersección de algunos de los principales desgarres tardivariscos NO-SE y SO-NE de escala cortical (Fig. 1A-B; e.g. Vegas y Banda, 1982). El área estudiada aquí es el borde norte de la Cuenca de Cameros, que está definido hoy en día por un cabalgamiento en cuyo bloque de techo se encuentra parte del sustrato pre-extensional de la cuenca (Keuper y Jurásico Marino) y el relleno sin-extensional de ésta (depósitos continentales y costeros), y en cuyo bloque de muro se encuentran los depósitos cenozoicos de la Cuenca del Ebro y localmente también depósitos mesozoicos sin-extensionales (Figs. 1, 2; Mas et al., 2011). El relleno de la Cuenca de Cameros está dividido en 8 secuencias de depósito (SD en Fig. 1C; Mas et al., 2011) y en este trabajo se han

estudiado con mayor detalle las Fms. Jubera y Leza (Barremiense-Aptiense, SD7; Fig. 1C), porque en el extremo norte de la cuenca son las primeras unidades que se apoyan sobre el sustrato pre-extensional (Fig. 2). La Fm. Jubera se depositó en un sistema de abanicos aluviales y la Fm. Leza en un sistema mixto de abanicos aluviales y de humedales costeros (Suarez-

Gonzalez et al., 2015). La distribución y los espesores de ambas unidades estuvieron controlados por fallas sinsedimentarias (todavía observables hoy en día, pese a la inversión tectónica), por lo que estas unidades no son continuas, sino que aparecen en una serie de litomasas independientes (Suárez González, 2015).



FIGURA 1. A: Mapa geológico sintético de la Península Ibérica destacando las principales estructuras tardivariscas (modificado de Vegas y Banda, 1982). FV: Falla de Ventaniella. FP: Falla de Pamplona. B: Detalle del Mapa Tectónico de España 1:2.000.000 (IGME, 2004), en el que se muestra el contexto geológico del área de estudio (recuadro rojo). C: Esquema cronoestratigráfico de la Cuenca de Cameros oriental (modificado de Mas et al., 2011). En rojo se recuadran los materiales estudiados con mayor detalle. SD: Secuencias de depósito.

## RESULTADOS E INTERPRETACIONES

La revisión cartográfica realizada en este trabajo pone de manifiesto que la geometría general del borde norte de la Cuenca de Cameros (Figs. 1A-B, 2) representa la continuación de lineaciones NO-SE y SO-NE que en la Cuenca Vasco-Cantábrica se han interpretado como debidas a la reactivación de desgarres tardivariscos durante la extensión mesozoica

(e.g. Vegas y Banda, 1982). Durante esta reactivación, en la Cuenca Vasco-Cantábrica se formaron numerosos diapiros sin-extensionales de Keuper controlados por la estructuración tardivarisca del basamento (e.g. Canérot et al., 2006). Esta estructuración tardivarisca puede ayudar, por tanto, a explicar la distribución de los materiales pre- y sin-extensionales en las diferentes zonas definidas en el área de estudio, que son descritas aquí de oeste a este (Fig. 2).

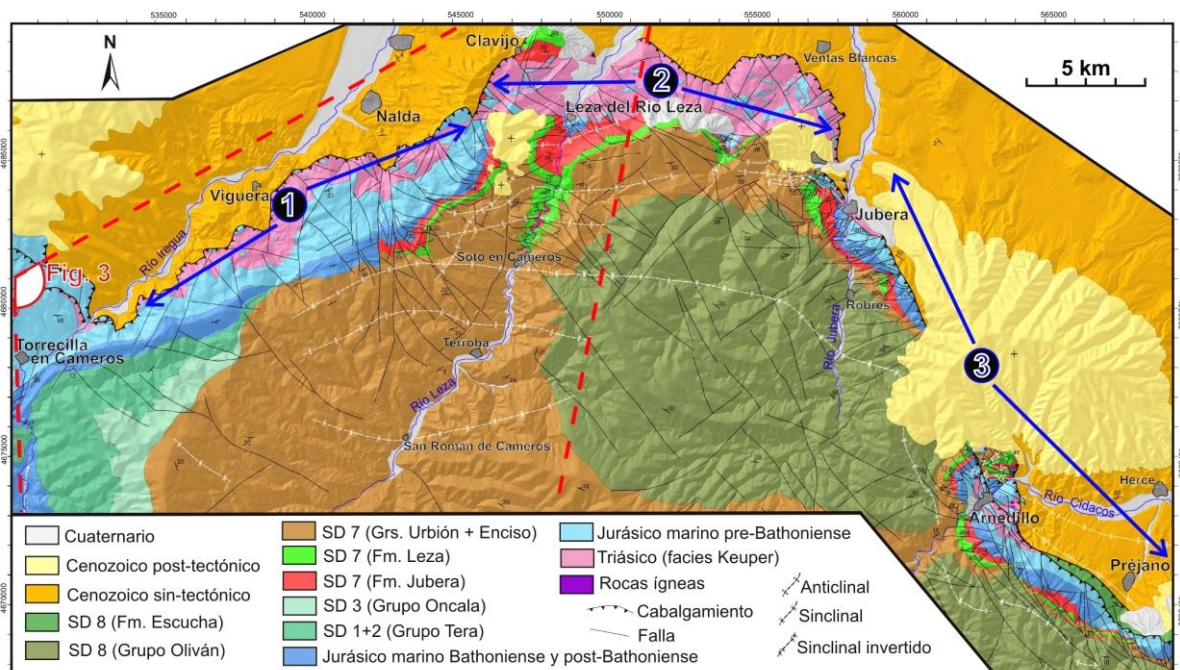


FIGURA 2. Cartografía geológica simplificada del borde norte de la Cuenca de Cameros. Los números 1, 2 y 3 hacen referencia a las zonas descritas en el texto. Para mayor detalle consultar Suárez González

(2015).

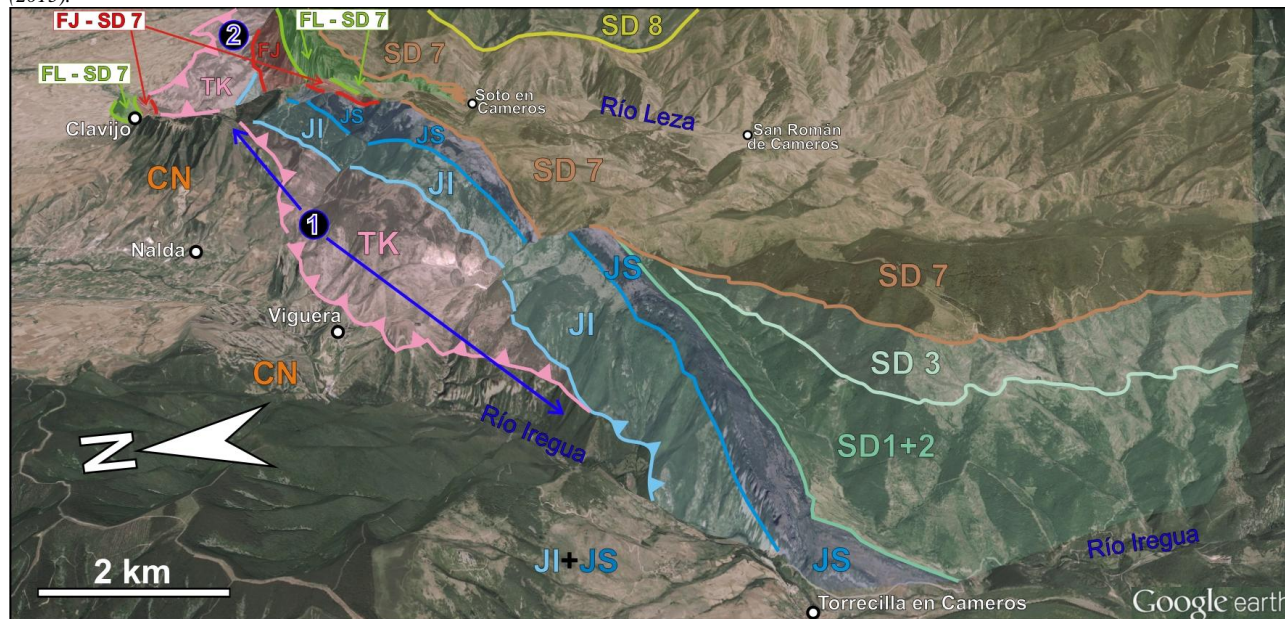


FIGURA 3. Interpretación geológica de una panorámica aérea oblicua generada mediante GoogleEarth del sector entre Torrecilla en Cameros y Clavijo (ver Fig. 2). Los números 1 y 2 marcan las zonas definidas en la Fig. 2. TK: Keuper. JI: Jurásico Marino inferior. JS: Jurásico Marino superior. SD 1+2: Gr. Tera. SD 3: Gr. Oncala. SD 7: Grs. Urbión y Enciso. FJ: Fm. Jubera. FL: Fm. Leza. SD 8: Gr. Oliván. CN: Cenozoico.

**Zona 1**, entre Torrecilla en Cameros y Nalda, con una orientación SO-NE, paralela a lineaciones tardivariscas como la Falla de Pamplona (Figs. 1, 2). En esta zona el Keuper presenta una distribución cartográfica lenticular, con su máxima extensión de afloramiento en la parte media (alrededores de Viguera) y desapareciendo lateralmente hacia el SO y NE (Figs. 2, 3). La zona de máxima extensión de Keuper coincide con un menor espesor preservado del Jurásico Marino suprayacente, pues sus unidades superiores se encuentran parcialmente erosionadas (Fig. 2). En el extremo SO de esta zona el relleno de la Cuenca de Cameros abarca las unidades más antiguas (SD 1-3), cuyo espesor disminuye progresivamente hacia el NE, a medida que aumenta la potencia de Keuper (Figs. 2, 3). Estas unidades llegan a desaparecer precisamente en el área en el que la potencia de Keuper es máxima, donde son los depósitos de la SD 7 los que se apoyan directamente sobre el Jurásico Marino parcialmente erosionado (Figs. 2, 3). **Interpretación:** Esta distribución de los materiales sugiere una posible movilización sin-extensional del Keuper, que habría inducido un alto paleogeográfico local en el que se produciría mayor erosión del Jurásico Marino y la consiguiente sedimentación de unidades sin-extensionales más modernas hacia la zona de mayor potencia de Keuper (Fig. 3).

**Zona 2**, entre Clavijo y Jubera, donde el Keuper presenta la máxima extensión de afloramiento de todo el área de estudio y el Jurásico Marino tiene el menor espesor preservado, llegando localmente a estar totalmente erosionado (Fig. 2). En esta zona los litosomas de las Fms. Jubera y Leza (litosoma de

Clavijo y de Leza del Río Leza, SD7), llegan a apoyarse directamente sobre el Keuper (Fig. 2), registran los depocentros de estas unidades (~600 m) y muestran paleocorrientes opuestas: hacia el S en el litosoma de Leza del Río Leza y hacia el N en el de Clavijo (Fig. 4). **Interpretación:** Teniendo en cuenta que las direcciones de extensión generales interpretadas para la Cuenca de Cameros son tanto N-S (e.g. Mas et al., 2011) como NO-SE (e.g. García-Lasanta et al., 2014), la zona 2 resulta aproximadamente perpendicular a cualquiera de las dos interpretaciones, lo que sugiere que pudo desarrollar tasas importantes de extensión, facilitando una mayor movilización de Keuper y, por lo tanto, una mayor elevación relativa y erosión del Jurásico Marino (Figs. 2, 4). En este contexto se pudieron desarrollar cubetas relativamente amplias y potentes, donde se sedimentaron las Fms. Jubera y Leza con paleocorrientes opuestas hacia el N y el S de este alto paleogeográfico (Figs. 2, 4).

**Zona 3**, entre Jubera y Préjano, con una orientación NO-SE, paralela a lineaciones tardivariscas como las fallas de Ventaniella y Ubierna (Figs. 1A-B, 2). En esta zona la extensión de afloramiento de Keuper es mucho menor y los litosomas de las Fms. Jubera y Leza son menos extensos y potentes (200-400 m), mostrando además gran variabilidad de paleocorrientes (Fig. 4). **Interpretación:** Dada la orientación de la zona 3, la extensión general de la cuenca (en cualquiera de las dos interpretaciones, N-S o NO-SE) pudo inducir una cinemática transtensional en esta zona, con generación de fallas normales *en échelon* con sentidos de buzamiento variables (e.g. Richard y Krantz, 1991),

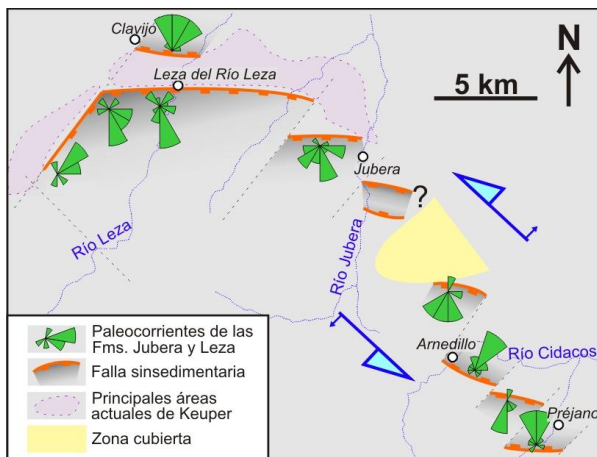


FIGURA 4. Esquema interpretativo del borde norte de la Cuenca de Cameros durante el Barremiense-Aptiense (SD7, Fig. 1), utilizando los datos cartográficos (Fig. 2) y las medidas de paleocorrientes de este trabajo. Las flechas azules señalan los esfuerzos transtensionales que pudieron ser inducidos en el sector Jubera-Prájanos por la interacción de la dirección de extensión general (tanto si ésta es N-S, como NO-SE; ver texto) con la estructuración tardivarisca del basamento.

que definirían pequeñas cubetas con mayor variabilidad de paleocorrientes que la observada en la Zona 2 de este trabajo (Fig. 4).

## DISCUSIÓN E IMPLICACIONES

La combinación de un control ejercido por la estructuración tardivarisca del basamento y por la movilización sin-sedimentaria de los materiales plásticos del Keuper (movilización condicionada, a su vez, por esta estructuración), aporta una nueva explicación para la distribución y la arquitectura de las unidades sin-extensionales del borde norte de la Cuenca de Cameros. Además, estos controles permiten explicar también la existencia, a lo largo de todo el borde norte, de paleocorrientes tanto hacia el interior de la cuenca (hacia el S, SO o SE) como hacia el exterior (hacia el N o NE), lo que apoya la hipótesis previa de posibles conexiones paleogeográficas de la Cuenca de Cameros con cuencas contemporáneas situadas hacia el norte (Suárez González, 2015).

Los nuevos datos e interpretaciones presentados en este trabajo concuerdan con los últimos modelos tectónicos del NE de Iberia, que destacan la gran influencia de los desgarres tardivariscos en la evolución tectónica posterior y en la sedimentación de los materiales sin-extensionales mesozoicos (Tugend et al., 2015). Además, estas nuevas interpretaciones sugieren la necesidad de una revisión de los modelos tectónicos propuestos para la evolución de la Cuenca de Cameros, pues no son fácilmente compatibles con ninguno de ellos (ver Omodeo-Salè et al., 2014).

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos de investigación CGL2011-22709 y CGL2014-52670-P, por el grupo de investigación UCM-CM 910429 y por una beca predoctoral FPU. Agradecemos al Dr. Pedro Huerta y a un revisor anónimo la corrección del manuscrito, y a Otto Kälin y a los Drs. Gabriel Gutiérrez-Alonso y Javier Élez la discusión y el apoyo en el campo.

## REFERENCIAS

- Canérot, J., Hudec, M.R. y Rockenbauch, K. (2006): Mesozoic diapirism in the Pyrenean orogen: Salt tectonics on a transform plate boundary. *AAPG Bulletin*, 89: 211-229.
- García-Lasanta, C., Oliva-Urcia, B., Román-Berdiel, T., Casas, A.M. y Hirt, A.M. (2014): Understanding the Mesozoic kinematic evolution in the Cameros basin (Iberian Range, NE Spain) from magnetic subfabrics and mesostructures. *Journal of Structural Geology*, 66: 84-101.
- IGME (2004): Mapa tectónico de España a escala 1:2.000.000. En: *Geología de España* (J.A. Vera, ed.) SGE-IGME, Madrid.
- Mas, R., Benito, M.I., Arribas, J., Alonso, A., Arribas, M.E., Lohmann, K.C., González-Acebrón, L., Hernán, J., Quijada, E., Suárez, P. y Omodeo, S. (2011): Evolution of an intra-plate rift basin: the Latest Jurassic-Early Cretaceous Cameros Basin (NW Iberian Ranges, N Spain). *Geo-Guías*, 8: 117-154.
- Omodeo-Salè, S., Guimera, J., Mas, R. y Arribas, J. (2014): Tectono-stratigraphic evolution of an inverted extensional basin: the Cameros Basin (north of Spain). *International Journal of Earth Sciences*, 103: 1597-1620.
- Richard, P. y Krantz, R.W. (1991): Experiments on fault reactivation in strike-slip mode. *Tectonophysics*, 188: 117-131.
- Suárez González, P. (2015): Sedimentología y paleogeografía de los sistemas de humedales costeros de la Fm Leza (Cretácico Inferior, Cuenca de Cameros). Tesis Doctoral, UCM, 363 pp.: <http://eprints.ucm.es/33027/>
- Suarez-Gonzalez, P., Quijada, I.E., Benito, M.I. y Mas, R. (2015): Sedimentology of ancient coastal wetlands: Insights from a Cretaceous multifaceted depositional system. *Journal of Sedimentary Research*, 85: 95-117.
- Tugend, J., Manatschal, G. y Kuszniir, N.J. (2015): Spatial and temporal evolution of hyperextended rift systems: Implication for the nature, kinematics, and timing of the Iberian-European plate boundary. *Geology*, 43: 15-18.
- Vegas, R. y Banda, E. (1982): Tectonic framework and Alpine evolution of the Iberian Peninsula. *Earth Evolution Sciences*, 4: 320-343.

# Geo-Temas



Volumen 16 (1)

**IX Congreso Geológico de España**



Universidad  
de Huelva



Instituto Geológico  
y Minero de España



Geo-Temas es una publicación de carácter no periódico en la que se recogen los resúmenes extensos de las comunicaciones presentadas en los Congresos Geológicos que celebra cuatrienalmente la Sociedad Geológica de España, así como en otros congresos, jornadas y simposios de carácter científico y organizadas por las comisiones de la SGE u otras asociaciones mediante convenios específicos. Los organizadores de cada reunión son los responsables de la obtención de los fondos necesarios para cubrir en su totalidad los gastos de edición y difusión del correspondiente número de Geo-Temas. Al no constituir una publicación de carácter periódico, Geo-Temas es distribuida exclusivamente a los inscritos en los actos a los cuales va dirigida la edición, reservándose un cierto número de ejemplares para la distribución por parte de la SGE.

La SGE no se hace responsable de las opiniones vertidas por los autores de los artículos, siendo por tanto éstas responsabilidad exclusiva de los respectivos autores.

La propiedad intelectual queda a plena disposición del autor de acuerdo con las leyes vigentes. queda prohibida la reproducción total o parcial de textos e ilustraciones de esta revista con fines comerciales sin autorización escrita de la SGE o de los autores. Se permite sin necesidad de autorización la generación de separatas para uso de los autores y la reproducción con fines docentes.

## EDITOR PRINCIPAL

**Juan Antonio Morales González**

Departamento de Geología, Universidad de Huelva, 21007 Huelva (España)

Tel: +34 959 219 815; e-mail: [jmorales@uhu.es](mailto:jmorales@uhu.es)

## EDITORES ADJUNTOS

**Luis M. Nieto Albert**

Facultad de Ciencias Experimentales  
Universidad de Jaen  
Campus Universitario "Las Lagunillas"  
23071 JAEN  
[lmnieto@ujaen.es](mailto:lmnieto@ujaen.es)

**Carlos L. Liesa Carrera**

Dpto. Ciencias de la Tierra  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza  
50009 ZARAGOZA  
[carluis@unizar.es](mailto:carluis@unizar.es)

**Ignacio Arenillas Sierra**

Dpto. Ciencias de la Tierra  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza  
50009 ZARAGOZA  
[carluis@unizar.es](mailto:carluis@unizar.es)

## COMITÉ CIENTÍFICO

Pedro Alfaro (U. Alicante)  
Bartolomé Andreo (U. Málaga)  
Ricardo Arenas (U. C. Madrid)  
Puy Ayarza (U. Salamanca)  
José Miguel Azañón (U. Granada)  
Beatriz Bádenas (U. Zaragoza)  
Fernando Bea (U. Granada)  
Elisabet Beamud (U. Barcelona-CSIC)  
José Borrego (U. Huelva)  
Amelia Calonge (U. Alcalá)  
M<sup>a</sup>. Luisa Calvache (U. Granada)  
Ramón Carbonell (CSIC)  
Rosa M<sup>a</sup>. Carrasco (U. Castilla la Mancha)  
Antonio Casas (U. Zaragoza)  
Antonio Castro (U. Huelva)  
José M<sup>a</sup> Cebriá (CSIC)  
Juan Carlos Cerón (U. Huelva)  
Ferrán Colombo Piñol (U. Barcelona)  
Ana Crespo (U. Granada)  
Manuel Díaz Azpiroz (U. P. de Olavide)  
Jesús Díaz Curiel (U. P. Madrid)  
Fernando Díaz del Olmo (U. Sevilla)

Enrique Díaz Martínez (IGME)  
Rubén Díez Fernández (U. Salamanca)  
Carlota Escutia (U. Granada-IACT-CSIC)  
Carlos Fernández (U. Huelva)  
Francisco J. Fernández Rguez. (U. Oviedo)  
Germán Flor Blanco (U. Oviedo)  
Encarnación García Navarro (U. Huelva)  
Joaquín García-Sansegundo (U. Oviedo)  
Jacinta García Talegón (U. Salamanca)  
Juan Gómez-Barreiro (U. Salamanca)  
José Luis González (Dpto. Seg. Nacional)  
José Antonio Grande Gil (U. Huelva)  
Albert Griera (U. A. Barcelona)  
Nemesio Heredia Carballo (IGME)  
Nadia Herrero (Generalitat de Cataluña)  
Pedro Huerta (U. Salamanca)  
María José Huertas (U. C. Madrid)  
María José Jurado (ICTJA-CSIC)  
Emilia H. Lopera Pareja (CIEMAT-CSIC)  
Sergio Llana Fúnez (U. Oviedo)  
Domingo Martín Sánchez (U. P. Madrid)  
Jesús Martínez Frías (U. C. Madrid -CSIC)

Rosa M<sup>a</sup>. Mateos (IGME)  
José Jesús Martínez Díaz (U. C. Madrid)  
Eduardo Mayoral Alfaro (U. Huelva)  
Pilar G. Montero (U. Granada)  
Juan A. Morales González (U. Huelva)  
Belén Oliva (U. A. Madrid)  
Alberto Pérez López (U. Granada)  
Rafael Pérez López (U. Huelva)  
Isabel Rábano (IGME)  
Antonio Rodríguez Ramírez (U. Huelva)  
Francisco Rodríguez Tovar (U. Granada)  
Joaquín Rodríguez Vidal (U. Huelva)  
Gabriel Ruiz de Almodóvar  
Pere Santanach (U. Barcelona)  
María Santisteban Fernández (U. Huelva)  
Esther Sanz (U. C. Madrid)  
Rosa Tejero (U. C. Madrid -IGEO, CSIC)  
Teresa Valente (U. do Minho)  
Blas Valero (IPE-CSIC)  
Juan Carlos Vera Rodríguez (U. Huelva)  
Fermín Villarroya Gil (U. C. Madrid)  
Carlos Villaseca González (U. C. Madrid)

## SEDE EDITORIAL

**Sociedad Geológica de España:**

Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca. Plaza de la Merced, s/n. 37008 Salamanca, España.

<http://www.sociedadgeologica.es>

**Imagen de portada:** Acantilados de Playa de Castilla, Costa oriental de Huelva.  
Fotografía de Francisco M. Alonso Cháves.

# Geo-Temas



IX Congreso Geológico de España  
Huelva, Septiembre 2016

Editores:

***Juan A. Morales González***  
***Berta M. Carro Flores***  
***Aguasanta Miguel Sarmiento***  
***Manuel A. Camacho Cerro***

Vol. 16 (2016)