

Control estructural del Monumento Natural de Cueva Huerta (Cordillera Cantábrica, España)

Structural control of the Cueva Huerta Natural Monument (Cantabrian Mountains, Spain)

Sergio Llana Fúnez¹ y Daniel Ballesteros²

¹ Universidad de Oviedo. Departamento de Geología, calle J. Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo. llanasergio@uniovi.es

² UMR 6266 IDEES, Université de Rouen-Normandie / CNRS. Mont Saint-Aignan CEDEX. daniel.ballesteros@univ-rouen.fr

ABSTRACT

The Cueva Huerta Natural Monument is formed by more than 20 km of karstic conduits hosted by carboniferous limestones. Here we study the geological structures that determine the orientation of the major galleries in the cave. The observations made inside the cave point to several fault slip surfaces as the main candidates in the structural control of orientation of karstic conduits in Cueva Huerta. The main gallery follows closely a splay from the Leon fault, while the other major sectors in the cave run with a northwesterly orientation, following minor faults, likely alpine in age.

Key-words: karst, faults, Cantabrian Mountains, alpine fracturing.

Geogaceta, 68 (2020), 7-10
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Introducción

La Cordillera Cantábrica se levantó en el Oligoceno inferior (Freudenthal *et al.*, 2010) cuando el norte de la Península Ibérica constituía el límite activo entre las placas Iberia y Europea (e.g., Teixell *et al.*, 2018). Desde que en el Mioceno el borde activo se trasladó hacia el extremo sur peninsular (Srivastava *et al.*, 1990), la Cordillera Cantábrica ha dejado de ser tectónicamente activa en su conjunto, aunque muestre localmente actividad sísmica residual (López-Fernández *et al.*, 2018). Los relieves generados por la deformación alpina se vieron afectados por erosión glacial y fluvial. La presencia de rasas costeras elevadas ponen de manifiesto que la cordillera ha continuado levantándose desde el Mioceno (e.g., Mary, 1983).

El modelado del relieve durante la fase erosiva en la que se encuentra la cordillera en este momento está controlado en gran medida por la naturaleza del sustrato rocoso. Si el sustrato es carbonatado, los procesos dominantes son los de tipo kárstico, tan característico de buena parte de la Cordillera Cantábrica. En estos contextos, la estructura geológica ha jugado un factor condicionante en el desarrollo de las cavi-

dades kársticas a escala local. Por un lado, en el contexto geológico general, definido por la presencia de grandes pliegues o fallas, condiciona las orientaciones de los conductos kársticos principales desde la escala hectométrica a la kilométrica (Ballesteros *et al.*, 2015). Por otro lado, la estratificación y las familias de diaclasas condicionan la dirección e inclinación de los conductos kársticos a escala métrica (Ballesteros *et al.*, 2014).

Entre los macizos calcáreos en la Cordillera Cantábrica se encuentra la sierra de la Sobia (~25 km² de extensión), extensamente karstificada (Rodríguez-Pérez, 2012), que alberga una de las cuevas españolas de mayor longitud desarrollada en calizas carboníferas: el Monumento Natural de Cueva Huerta (Teverga, Asturias). Tanto las grandes estructuras tectónicas del entorno de la cueva como las formaciones geológicas del sustrato rocoso se disponen con direcciones norte-sur o noroeste-sureste (Menéndez-Duarte y Fernández, 2014; Fig. 1) lo que condiciona la orientación noroeste-sureste/norte-sur de la sierra de la Sobia y sus laderas.

En este trabajo definimos el contexto estructural local de Cueva Huerta con el fin de identificar las principales estructu-

RESUMEN

El Monumento Natural de Cueva Huerta está constituido por un sistema de galerías kársticas que exceden los 20 km acumulados desarrollados en calizas carboníferas. En este trabajo analizamos las estructuras geológicas que determinan la orientación de los sectores principales de la cueva. Las observaciones realizadas en el interior de la cueva permiten reconocer varias superficies de deslizamiento de falla como la principal estructura determinando el desarrollo y orientación del sistema kárstico en Cueva Huerta. La orientación de la galería principal es paralela a la traza de una falla asociada a la Falla de León, mientras que varios sectores de la cueva siguen estructuras de dirección noroeste-sureste, probablemente alpinas.

Palabras clave: karst, fallas, Cordillera Cantábrica, fracturación alpina.

Fecha de recepción: 31/01/2020
Fecha de revisión: 23/04/2020
Fecha de aceptación: 29/05/2020

ras tectónicas que condicionaron el desarrollo de sus galerías principales.

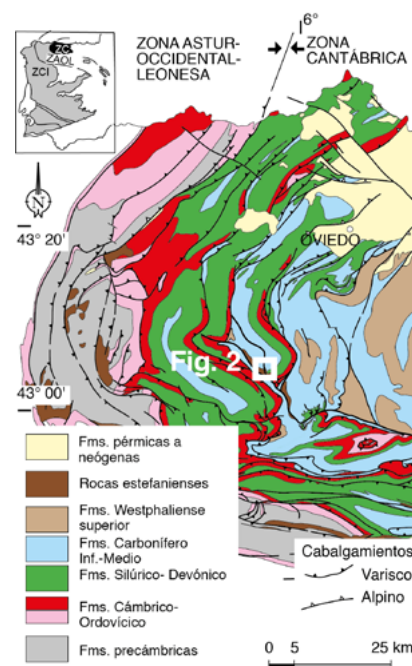


Fig. 1.- Mapa geológico sintético del sector central de la Cordillera Cantábrica (modificado de Alonso *et al.*, 2009).

*Fig. 3.- Synthetic geological map of the central part of the Cantabrian Mountains (after Alonso *et al.*, 2009).*

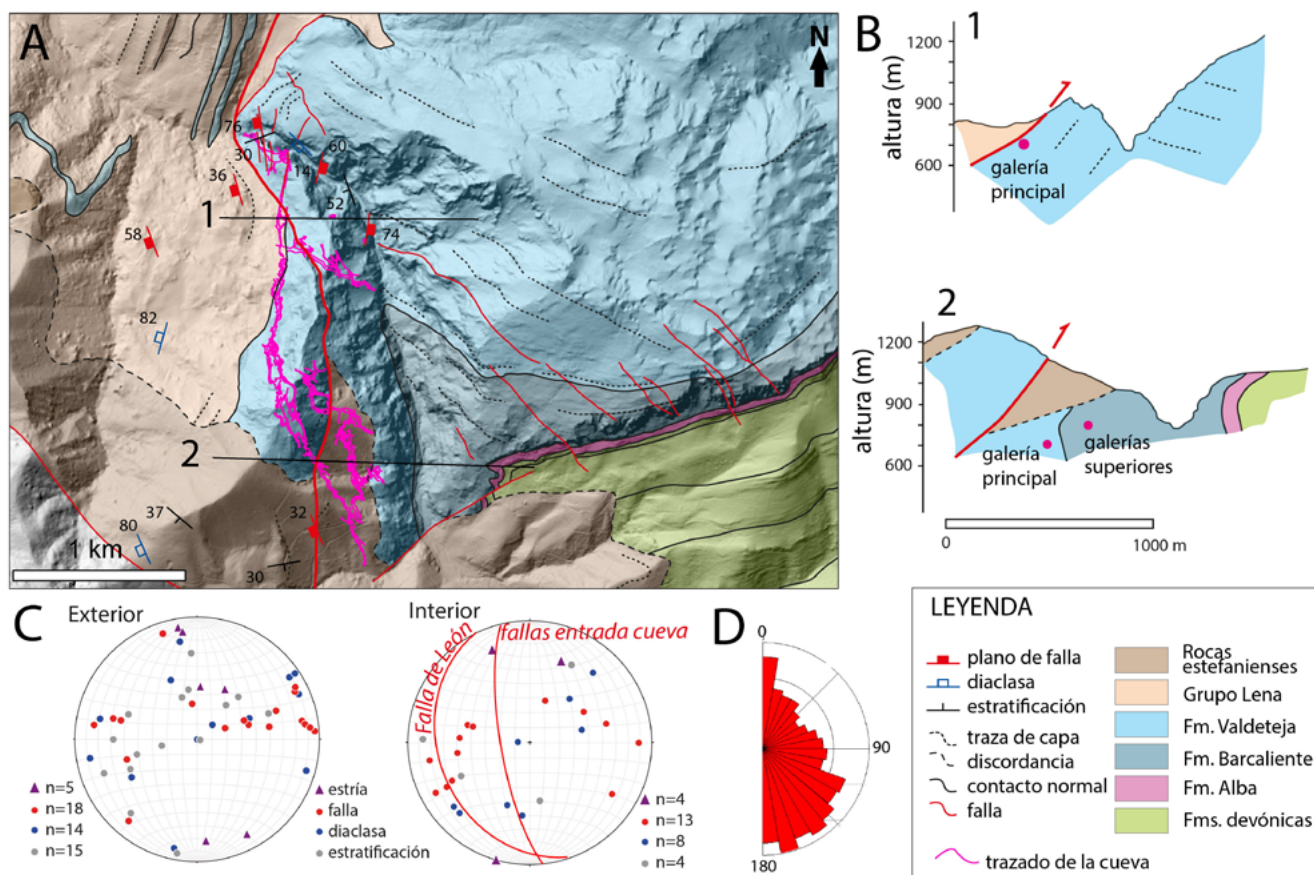


Fig. 2.- A) Proyección de la topografía del Monumento Natural de Cueva Huerta realizada por el Colectivo Asturiano de Espeleólogos y entidades colaboradoras (Ezama *et al.*, 2019) sobre el mapa geológico digital del IGME (Merino-Tomé *et al.*, 2011) modificado en el entorno de la cueva. B) Cortes geológicos este-oeste perpendiculares a la dirección general de la cueva. C) Orientación de estructuras geológicas, medidas en el exterior (polos de planos y líneas) e interior de la cueva (polos de planos y líneas representativas). D) Orientación de los conductos kársticos documentados (Ezama *et al.*, 2019). La Falla de León está dibujada en trazo grueso y representada en C. Todos los datos estructurales en el mapa (A) y en las proyecciones (C) son originales de este trabajo.

*Fig. 2.- A) Topography of the Cueva Huerta Natural Monument (from Ezama *et al.*, 2019) projected onto the digital geological map by IGME (Merino-Tomé *et al.*, 2011), modified, in the surrounding of the cave. B) East-West geological sections perpendicular to the main direction of the cave. C) Orientation of geological structures, measured outside (poles of planes and lines) and inside the cave (poles of planes, lines and representative planes). D) Orientation of the documented cave conduits (Ezama *et al.*, 2019). The Leon fault is indicated by a thicker line and presented in C. All structural data in the geological map (A) and stereonets (C) are original from the authors.*

Contexto tectónico regional

Si bien el relieve actual de la sierra de la Sobia se debe más a la historia tectónica alpina de la Cordillera Cantábrica durante el Oligoceno y su erosión posterior, la estructuración del sustrato está determinada por la tectónica durante el desarrollo de la Orogenia Varisca, formada durante el Carbonífero (Pérez-Estáun *et al.*, 1991). Resultado de esta orogenia, más compleja que la alpina, es la orientación que actualmente presentan las formaciones geológicas y las grandes estructuras cartográficas en la sierra de la Sobia. La orientación general de las unidades litológicas cartográficas a escala regional es noroeste-sureste, tanto para los contactos litológicos normales como la de los cabalgamientos variscos (Fig. 1; Bulnes y Marcos, 2001). De hecho, el área que abarca el Monumento Natural de Cueva Huerta está atravesado por una rama de la Falla de León (Fig. 2), un cabalgamiento fuera de

secuencia formado a finales de la Orogenia Varisca (Alonso *et al.*, 2009).

Cueva Huerta se desarrolla en las formaciones Barcaliente y Valdeteja, especialmente sobre la segunda, ambas de edad carbonífera (*e.g.*, Bahamonde *et al.*, 2007). Ambas formaciones están dominadas por calizas *mudstone* con cristales de micrita de 5 a 50 μm de tamaño, ocasionalmente ricas en materia orgánica. Estas calizas se encuentran parcialmente recrystalizadas durante la diagénesis temprana (*e.g.*, Bahamonde *et al.* 2007), de ahí probablemente deriva su relativa baja porosidad primaria (<5% en volumen) y, por consiguiente, su relativa baja permeabilidad intrínseca.

El Monumento Natural de Cueva Huerta

Cueva Huerta, declarada Monumento Natural en 2002 por el Principado de Astu-

rias, constituye uno de los referentes en espeleología del noroeste de España desde los trabajos pioneros de Julivert (1954, 1955), que ya relacionaban la geometría de la cueva con la disposición de la estratificación y las estructuras tectónicas en las rocas. Las dos entradas conocidas de la cavidad se encuentran en el extremo norte del cañón fluvial de la Foz de Estrechura, excavado por el río Páramo sobre la parte más meridional de la sierra de la Sobia. La cavidad está formada por 23,3 km de conductos documentados por el Colectivo Asturiano de Espeleólogos y entidades espeleológicas colaboradoras, con un desnivel de 285 m entre el punto más bajo y el más elevado de la cueva (Ezama *et al.*, 2019). Cueva Huerta está formada por cinco niveles de galerías constituidos por conductos freáticos y epifreáticos modificados por cañones y pozos vadosos. En planta, la cavidad presenta una disposición predominante norte-sur, aunque también se reconocen galerías de dirección noroeste-sureste (Ezama *et al.*, 2019; Fig. 2).

Metodología

Este estudio combina y hace uso de la reciente topografía de la cueva, cortesía del Colectivo Asturiano de Espeleología, con el mapa geológico digital a escala 1:50000 de Asturias elaborado por el IGME (Merino-Tomé *et al.*, 2011; IGME, info.igme.es/visorweb/). En el exterior se complementa el trazado cartográfico existente con el estudio en ortofotografías del Instituto Geográfico Nacional (www.ign.es/iberpix2/visor/) de estructuras reconocidas en campo y se completa el mapa con datos estructurales propios (estratificación, diaclasas, planos de falla, estrías). En el interior, se aportan observaciones y medidas propias de orientación de estructuras geológicas del mismo tipo que en el exterior.

Toda la información geológica se integra en un sistema de información geográfico, utilizando tanto ArcGIS de Esri como QGIS de OSGeo.

Observaciones estructurales en el interior de la cueva

El mapa de la figura 2A muestra la fuerte direccionalidad de la cueva, con un tramo largo, la galería principal, paralelo al trazado cartográfico de una falla de movimiento inverso interpretada como una de las ramas de la Falla de León de Alonso *et al.* (2009).

El levantamiento topográfico de la cueva (Ezama *et al.*, 2019) establece que las galerías principales se distribuyen en dos planos principales subhorizontales vertiendo hacia el río Páramo, en torno a 700 y 800 m de altitud. La posición de las galerías en los cortes geológicos verticales realizados permite acotar parcialmente la inclinación de la falla cartográfica principal y también la base de la discordancia de los materiales estefanienses (Fig. 2B).

El mapa topográfico de la cueva incluye tres galerías largas siguiendo una dirección noroeste-sureste. Fallas con esta dirección sí se han observado en ortofotografía en la ladera nororiental del río Páramo y se han identificado también en el interior de la cueva y, aunque no son dominantes, también se han medido directamente planos de falla con esta orientación (Fig. 2C).

En general, las estructuras tectónicas se encuentran mal conservadas en el exterior de la cueva debido a los efectos

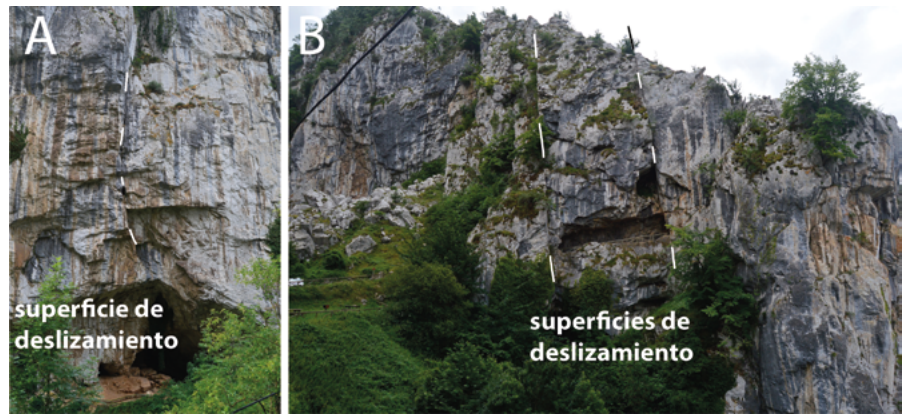


Fig. 3.- Superficies de deslizamiento de fallas sobre taludes verticales de caliza (indicadas con líneas blancas y negras). A) En la entrada principal de Cueva Huerta. B) En el camino a La Plaza, unos metros al O de la superficie en A.

Fig. 3.- Field view of fault slip surfaces in vertical cliffs made of limestone. A) Located above the main entrance to Cueva Huerta. B) Two slip surfaces on the path to La Plaza, a few meters to the W from the view in A.

sobre la superficie de las rocas que tienen los procesos de disolución y precipitación del carbonato, no así en el interior. En el entorno de la entrada superior de Cueva Huerta, sobre el escarpe calizo situado sobre la boca de la cueva (Fig. 3), se han reconocido fallas con planos de baja rugosidad, desbastadas y, en ocasiones, pulidas por el movimiento de los bloques de falla. La dirección de estas superficies de deslizamiento cercanas a la entrada de la cueva es prácticamente norte-sur (Figs. 2 y 3); no obstante, en las proyecciones estereográficas de la figura 2 se aprecian otras orientaciones tanto en el interior como en el exterior de la cueva (se muestra un plano representativo en Fig. 2C).

Las superficies de deslizamiento apenas conservan estrías de falla indicadoras de la dirección de movimiento (Fig. 4), cuando lo hacen se disponen subhorizontales con una dirección dominante norte-sur (Fig. 3).

Las diaclasas son también abundantes y fácilmente confundibles con otras discontinuidades ya que presentan espaciados decamétricos. En el interior muestran una distribución global ligeramente oblicua a la de las superficies de falla que acomodan cizalla (Fig. 2C). Esta oblicuidad estaría de acuerdo con una relación genética de gran parte de estas diaclasas con la falla principal que se observa en la cartografía (la rama de la Falla de León).

Discusión

Como se puede apreciar en el mapa geológico de la figura 2, existen dos orientaciones que son predominantes

en la formación de las galerías más importantes de la cueva, la primera es una dirección norte-sur, que sería la de la galería principal, y la segunda dirección, una orientación noroeste-sureste, que sería la de las galerías secundarias. En el interior de la cueva, se pudo constatar en los techos de las galerías la presencia de fracturas muy planares y superficies suaves definiendo la orientación de la galería. Estas superficies de falla son lisas y en ellas no se han reconocido marcas de abrasión o estrías, ni tampoco presencia de fibras de crecimiento mineral. Su geometría indica que se trata de superficies de deslizamiento (*e.g.*, Fig. 4). Estas superficies constituyen la estructura principal en una falla y acomodan la mayor parte del desplazamiento, en contraposición a otro tipo de fracturas que puedan acomodar fracciones pequeñas del desplazamiento o incluso ningún desplazamiento (ver *p.ej.*, Fossen, 2010, p. 167).



Fig. 4.- Superficie de deslizamiento en un plano de falla de dirección N14°O y conservada en el techo de la cueva. La superficie es lisa y carece de estrías que indiquen movimiento relativo de los bloques de falla.

Fig. 4.- Fault slip surface, striking N14°W, preserved at the ceiling of a gallery in the cave. The surface is smooth and lacks striae indicating movement of fault blocks.

Desde el punto de vista estructural, el aspecto más destacable en el desarrollo de las galerías principales de Cueva Huerta reside en el hecho de que los principales conductos siguen superficies de deslizamiento, en lugar de superficies de fractura (apertura) como las diaclasas. Las diaclasas de origen tectónico tienen dos rasgos a destacar, uno es la direccionalidad, ya que se disponen paralelas a la dirección de máximo esfuerzo tectónico al tratarse de grietas de tipo I (tensión); y el otro es el hecho de que abren espacio en las rocas, esto es, generan porosidad secundaria, particularmente cuando se generan cerca de la superficie. Sin embargo, en las superficies de cizalla, la fricción entre los bloques de falla produce una matriz de grano fino que puede llegar a dificultar la circulación de fluidos a través de la superficie de falla y, según cómo se dispongan, también a lo largo de la zona de falla.

En el contexto geológico regional, la primera de las estructuras, que en el mapa se observa afectando a los materiales estefanienses, se ha interpretado como una estructura asociada a la Falla de León (Alonso *et al.*, 2009), que en la cartografía y en los cortes geológicos se caracteriza por una inclinación moderada hacia el oeste (Fig. 2). La cartografía y las observaciones realizadas indican que la galería principal de Cueva Huerta se encuentra en el bloque inferior muy próxima a esta falla.

La segunda de las direcciones observadas en la cueva corresponde también a superficies de deslizamiento de falla. No obstante, estas superficies son estructuras de menor entidad, ya que no producen grandes desplazamientos en la cartografía. En algunas de las fallas observadas el salto sería en dirección con movimiento dextro. Fallas con esta orientación y tipo de movimiento en el contexto regional son muy tardías, ya que afectan tanto a estructuras variscas como a estructuras alpinas tempranas (*e.g.*, Falla de Llanera, Alonso *et al.*, 2016). Este tipo de fallas es similar al sistema de fracturación de la Falla de Ventaniella, una estructura alpina con dirección noroeste-sureste y movimiento dominante en dirección dextro (Julivert, 1976). Se trata de las estructuras alpinas más jóvenes que en la actualidad presentan actividad sísmica remanente (López-Fernández *et al.*, 2018).

Conclusiones

En este trabajo se combinan observaciones geológicas de detalle con la car-

tografía también pormenorizada de los conductos principales del Monumento Natural de Cueva Huerta, lo que redundará en una mejor comprensión de qué estructuras geológicas han determinado el desarrollo de la cueva. Las observaciones realizadas en el campo y el análisis de la cartografía permiten concluir que la orientación de las cavidades está fundamentalmente determinada por superficies de movimiento en fallas. Las observaciones realizadas en el interior de la cueva son especialmente útiles debido a la relativa mala conservación de algunas estructuras tectónicas desarrolladas sobre rocas carbonatadas cuando están expuestas en la superficie topográfica.

Agradecimientos

La investigación ha sido financiada a través de ayudas a grupos de investigación (GRUPIN14-044 e IDI/2018/000184) por la Conserjería de Empleo, Industria y Turismo del Principado de Asturias. Agradecemos al Parque Natural de las Ubiñas-La Mesa y a la Conserjería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales del Gobierno del Principado de Asturias la concesión del permiso 2015/021471 para estudiar el Monumento Natural de Cueva Huerta. Finalmente, agradecemos al Colectivo de Espeleólogos Asturianos y colaboradores la documentación topográfica facilitada.

Agradecemos a Antonio Pedrera y a Fidel Martín González, como revisores, y a Manuel Díaz Azpiroz, como editor, por las sugerencias realizadas en una versión previa del manuscrito y que han contribuido a la mejora de este trabajo.

Referencias

- Alonso, J.L., Marcos, A. y Suárez, A. (2009). *Geologica Acta* 7, 451-473.
- Alonso, J.L., Barrón, E., González-Fernández, B., Menéndez Casares, E. y García-Ramos, J.C. (2016). *Trabajos de Geología* 36, 45-60.
- Bahamonde, J., Merino-Tomé, O. y Heredia, N. (2007). *Sedimentary Geology* 198, 167-193.
- Ballesteros, D., Jiménez-Sánchez, M., García-Sansegundo, J. y Borreguero, M. (2014). *Geomorphology* 216, 141-156.
- Ballesteros, D., Jiménez-Sánchez, M., Giral, S., García-Sansegundo, J. y Meléndez-Asensio, M. (2015). *Geomorphology* 247, 33-54.

- Bulnes, M. y Marcos, A. (2001). *International Journal of Earth Sciences* 90, 287-303.
- Ezama, S., de Felipe, J., Franco, J.M., Gutiérrez, J., Haro, K., Heras, C., Jiménez, A., Jiménez, P.M., Martínez, C., Orche, P., Pans, M., Molleja, M.A., Orozco, R., Puente, D., Maragliano, D., Redondo, N., Rojo, D., de las Sagras, L., Seco, E., Solier, J., Toribio, R., Turmo, A., Vázquez, A., Almeida, P.J., Ballesteros, D., Blázquez, P., Cañón, G., Cabal, F., Calvet, J., Carrasco, P. y Cruz, F.J. (2019). *Avance en 2019 al estudio espeleológico de Cueva Güerta. Frenéu, Concejo de Teverga, Asturias*. Colectivo Asturiano de Espeleólogos y colaboradores. Oviedo, 26 p.
- Fossen, H. (2010). *Structural Geology*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 463 p.
- Freudenthal, M., Martín-Suárez, E., Heredia, N., Rodríguez-Fernández, L.R. y Martín-González, F. (2010). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie* 257, 317-340.
- Julivert, M. (1954). *Speleon* 5 (1-2), 111.
- Julivert, M. (1955). *Espeleología de Asturias* 1, 51-72.
- Julivert, M. (1976). *Trabajos de Geología* 8, 203-309.
- López-Fernández, C., Fernández-Viejo, G., Olona, J. y Llana-Fúnez, S. (2018). *Bulletin of the Seismological Society of America* 108, doi:10.1785/0120170215.
- Mary, G. (1983). *Trabajos de Geología* 13, 3-36.
- Menéndez-Duarte, R. y Fernández, F.J. (2014). En: *XIII Reunión Nacional de Geomorfología*, 397-400.
- Merino-Tomé, O., Suárez Rodríguez, A. y Alonso Alonso, J.L. (2011). *Síntesis Geológica de la Zona Cantábrica y la Cuenca Vasco-Cantábrica (Zona 1000 y Zona 1600). Mapa Geológico Digital continuo E. 1:50 000, Principado de Asturias (Zonas: 1100-1000-1600). En GEODE. Mapa Geológico Digital continuo de España. Sistema de Información Geológica Continua: SIGECO. IGME.*
- Pérez-Estaún, A., Martínez-Catalán, J.R. y Bastida, F. (1991). *Tectonophysics* 191, 243-253.
- Rodríguez-Pérez, C. (2012). *Ería* 89, 203-230.
- Srivastava, S.P., Roest, W.R., Kovacs, L.C., Oakey, G., Levesque, S., Verhoef, J. y Macnab, R. (1990). *Tectonophysics* 184, 229-260.
- Teixell, A., Labaume, P., Ayarza, P., Espurt, N., de Saint Blanquat, M. y Lagabriele, Y. (2018). *Tectonophysics* 724-725, 146-170.