

Estructuras de deformación sinsedimentaria en el Ordovícico Inferior del Anticlinal de Manzaneda (Zona Centroibérica, NO de España)

Soft-sediment deformation structures in the Lower Ordovician from the Manzaneda Anticline (Central-Iberian Zone, NW Spain)

Javier Fernández-Lozano¹, José María Toyos² y Rodrigo Andrés-Bercianos³

¹ Área de Prospección e Investigación Minera, Dpto. de Tecnología Minera, Topografía y Estructuras, Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas, Universidad de León, Campus de Vegazana s/n, 24007 León. jferl@unileon.es

² Instituto Geológico y Minero de España - Unidad de León, Parque Científico de León, Avda. Real, 1 - Edificio 1, 24006 León. jm.toyos@igme.es

³ Parque Tecnológico de León, 24009 León. rab@usal.es

ABSTRACT

In this study, we analysed a set of soft-sediment deformation structures that appear in two sections located at the upper part of the Armorican Quartzite, in a sector of the Manzaneda Anticline. The geometrical features and the stratigraphic position of these structures allow us to interpret an origin related to the tectonic activity that occurred during the episode of crustal extension along the continental margin of Gondwana during the Ordovician.

Key-words: soft-sediment deformation structures, Ordovician, Armorican Quartzite, paleo-earthquake.

RESUMEN

Se ha analizado un conjunto de estructuras de deformación sinsedimentaria que aparecen en dos tramos situados en la parte superior de la Cuarcita Armoricana, en un sector del Anticlinal de Manzaneda. Las características geométricas y la posición estratigráfica de estas estructuras permiten interpretar un origen relacionado con la actividad tectónica acaecida durante el episodio de extensión cortical desarrollado en el margen continental de Gondwana durante el Ordovícico.

Palabras clave: estructuras de deformación sinsedimentaria, Ordovícico, Cuarcita Armoricana, paleoterremoto.

Geogaceta, 68 (2020), 3-6
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

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

Introducción

El descubrimiento de un conjunto de afloramientos con estructuras de deformación sinsedimentaria en rocas ordovícicas de la comarca de la Cabrera Alta (León) ha motivado la realización de un estudio preliminar de dichas estructuras, teniendo presente el escaso conocimiento que de ellas se posee a nivel regional. En este trabajo se describen las principales características de las mencionadas estructuras, se enmarcan en su contexto geológico, y se discuten los procesos que las pueden haber generado.

Situación y contexto geológico

El área de estudio se sitúa en la parte suroccidental de la provincia de León, en el dominio del Sinclinal de Truchas, ubicado en la parte septentrional de la Zona Centroibérica del Macizo Ibérico (Fig. 1A). Más concretamente, el sector investigado forma parte del Anticlinal de Manzaneda (Fernández-Lozano, 2012), estructura

localizada en la parte central del cierre periclinal del Sinclinal de Truchas (Fig. 1). Se trata de un pliegue de segundo orden desarrollado durante la primera fase de deformación varisca (D_1), en rocas del Ordovícico Inferior y Medio.

La sucesión estratigráfica paleozoica aquí representada está constituida esencialmente por dos formaciones: la Cuarcita Armoricana (Hernández Sampelayo, 1942), que aflora en el núcleo del Anticlinal de Manzaneda, y las Capas de Rubiana (Riemer, 1963), que se sitúan sobre la anterior y están constituidas por alternancias de pizarras, metareniscas y cuarcitas (Fig. 1). La edad que se atribuye a estas formaciones es Arenigiense, deducida a partir de las asociaciones de icnofósiles presentes en la Cuarcita Armoricana (Moreno *et al.*, 1976; Cooper y Romano, 1982; Pickerill *et al.*, 1984), y de trilobites y graptolitos en las Capas de Rubiana (Gutiérrez-Marco *et al.*, 1999).

Estas rocas se encuentran afectadas por la foliación primaria varisca (S_1), con un desarrollo variable según la litología, y

un metamorfismo regional de bajo grado en facies de los esquistos verdes.

Materiales y métodos

El presente trabajo ha requerido la realización de una cartografía geológica a escala 1:2000 de la zona de charnela del Anticlinal de Manzaneda, sintetizada en la figura 1B. También se han levantado dos series estratigráficas, representativas de los dos flancos del anticlinal (Fig. 2).

Como apoyo para la cartografía se elaboró una ortoimagen de alta resolución (3,4 cm/px) obtenida a partir de 784 imágenes aéreas capturadas desde un dron, y tratadas mediante fotogrametría siguiendo la metodología propuesta por Fernández-Lozano *et al.* (2018).

Los datos geológicos se han procesado y analizado mediante aplicaciones SIG, sobre la base de la ortoimagen de alta resolución, y con el apoyo también de imágenes estereoscópicas sintéticas proporcionadas por el servicio WMS de ortoimágenes del IDECyL.

Estructura varisca

Como ya se ha mencionado, el Anticlinal de Manzaneda constituye un pliegue desarrollado durante la primera fase de deformación varisca. En relación con él existen numerosos pliegues menores, de escala decamétrica a centimétrica, cerrados a apretados, y con charnelas habitualmente rectilíneas con ligera inmersión hacia el oeste (Fig. 1B).

La S_1 aparece en posición de plano axial respecto a los pliegues de D_1 , y se encuentra escasamente desarrollada en los bancos más espesos de la Cuarcita Armoricana.

Como puede observarse en la figura 1B y C, la geometría de este anticlinal se encuentra modificada por numerosas fallas, tardivariscas o más modernas, que producen desplazamientos de orden métrico a hectométrico en el contacto entre la Cuarcita Armoricana y las Capas de Rubiana.

Estructuras de deformación sinsedimentaria

Los afloramientos donde se localizan las estructuras de deformación sinsedimentaria (*soft-sediment deformation structures*, SSDS) corresponden a la parte superior de la Cuarcita Armoricana (Figs. 1B, C y 2). La sucesión se caracteriza por presentar varios bancos de cuarcita de espesor métrico con abundantes huellas de *Daedalus halli* (Rouault, 1850). Además de los tramos esencialmente cuarcíticos, hay también otros constituidos por alternancias de cuarcitas y pizarras limosas en capas de espesor centimétrico a métrico. Las SSDS aparecen precisamente en determinados puntos de esta última litofacies, concretamente en un tramo de 3,5 m de espesor, situado a unos 30 m del techo, y en otro tramo de 1,4 m de espesor que se encuentra a unos 15 m del techo. El tramo inferior es el que presenta mayor continuidad (unos 360 m) y abundancia de SSDS, mientras que en el tramo superior, que tiene una continuidad observable de unos 130 m, las SSDS solo aparecen localmente.

Las SSDS consisten esencialmente en pliegues disarmónicos de escala centimétrica a decimétrica. Presentan charnelas curvadas (Figs. 3A y D) y localmente se encuentran disruptados o fragmentados. Con frecuencia se observan secciones

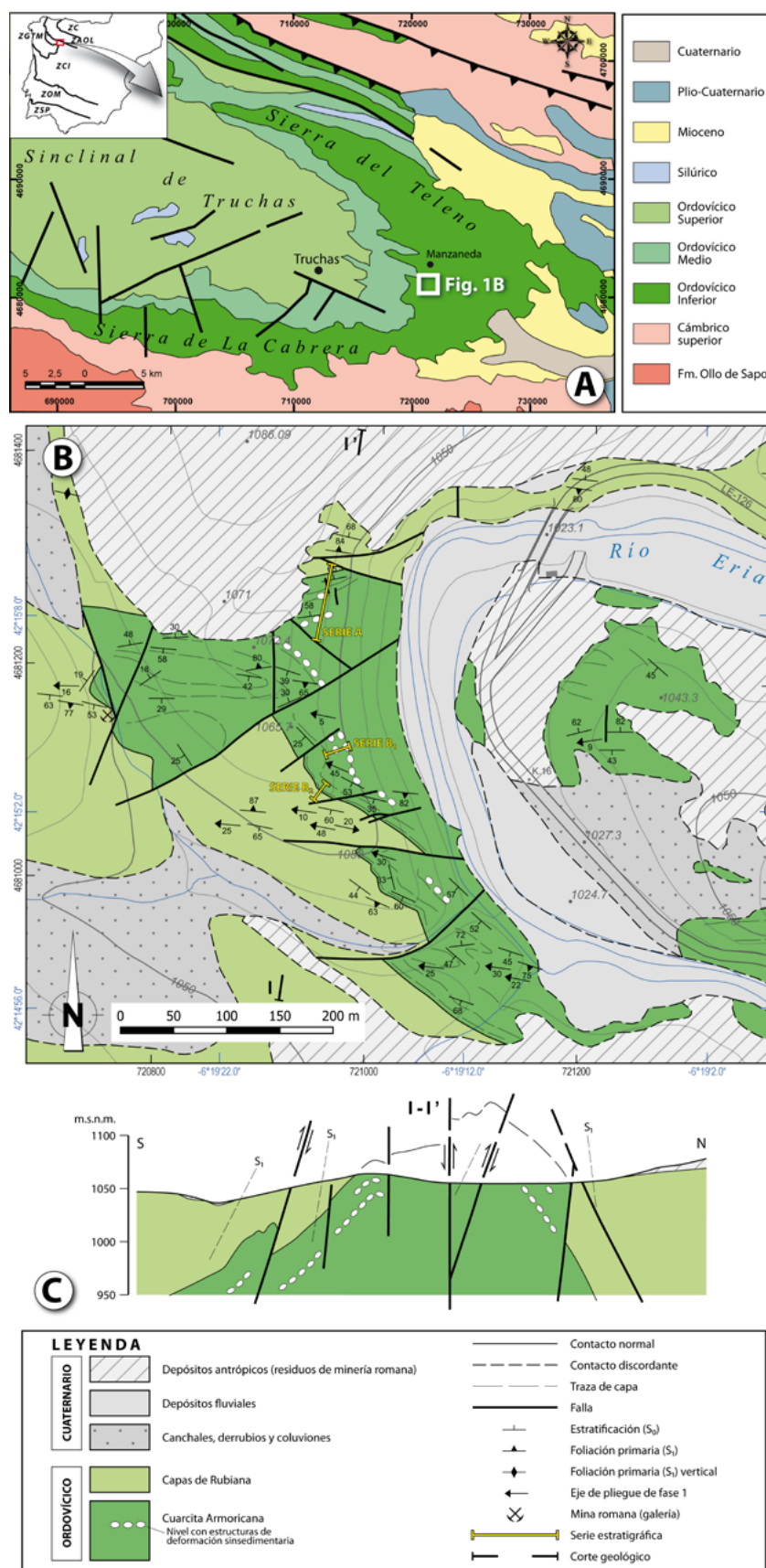


Fig. 1.- A) Encuadre geológico del área de estudio. En el ángulo superior izquierdo se muestra la división en zonas del Macizo Ibérico según Julivert *et al.* (1972) y Farias *et al.* (1987), ZCI: Zona Centroibérica. B) Mapa geológico del área investigada. Se indica la ubicación de las series estratigráficas de la figura 2. C) Corte geológico. Ver figura en color en la web.

Fig. 1.- A) Geological sketch-map of the study area. Upper-left inset shows the Iberian Massif division according to Julivert *et al.* (1972) and Farias *et al.* (1987), ZCI: Central Iberian Zone. B) Geological map of the study area. The location of the stratigraphic sections on figure 2 is indicated. C) Geological cross-section. See color figure in the web.

con geometría cerrada o semicerrada (almohadillada o *pillow*, Fig. 3A-D), y, en un caso, también de tipo hongo (*mushroom*).

En las capas que se ubican inmediatamente por encima y por debajo de los tramos con SSDS no se aprecia ninguna deformación de este tipo, aunque en ocasiones se mantengan las mismas litofacies.

Se ha medido en diversos puntos la orientación de las charnelas de estas estructuras que, una vez restauradas a su posición original por abatimiento de la estratificación a la horizontal, muestran una distribución muy variable (Fig. 4), en la que se aprecia una orientación preferente en dirección ONO-ESE, que es aproximadamente paralela a la de las estructuras variscas.

Las características de este conjunto de estructuras denotan una deformación en condiciones de gran ductilidad, que habría tenido lugar cuando el sedimento original aún no estaba consolidado. Algunas de sus geometrías sugieren la intervención de procesos de licuefacción en su génesis.

Discusión

Las facies y estructuras sedimentarias que presenta la Cuarcita Armoricana han sido relacionadas con un medio de depósito litoral a sublitoral, influenciado por mareas, corrientes costeras y tormentas (Gutiérrez-Marco *et al.* 1990, 2002). Esta misma interpretación es válida para la sucesión observada en el área de estudio. De acuerdo con ello, las SSDS observadas podrían haber sido producidas por agentes relacionados con el medio sedimentario (oleaje de tormenta, tsunamis) o externos a él (terremotos o impactos meteoríticos), todos ellos capaces de desencadenar procesos de licuefacción en sedimentos no consolidados (Owen y Moretti, 2011). No obstante, la esporádica aparición de estas estructuras en solo dos pequeños tramos de las facies de alternancias de cuarcitas y pizarras limosas, y su continuidad lateral, parecen apuntar más bien a un desencadenante alogénico.

Si se tiene en cuenta el contexto geodinámico en el que se sitúa este sector durante el Cámbrico tardío y el Ordovícico, con una intensa actividad sísmica y volcánica en relación con la tectónica extensional desarrollada como conse-

cuencia de la fragmentación del margen continental de Gondwana (Martínez-Catalán *et al.*, 1992; Gutiérrez-Alonso *et al.*, 2016), parece razonable considerar como origen más probable de las SSDS estudiadas la acción de sacudidas sísmicas sobre los sedimentos.

Las estructuras de licuefacción producidas por terremotos, también llamadas "sismitas", se generan por movimientos sísmicos de magnitud moderada o mayor ($m_b \geq 5$) que afectan a materiales geológicos no consolidados (principalmente arenas y limos). El registro histórico de este tipo de estructuras de origen tectónico es relativamente escaso, debido a que requieren terremotos con una duración y energía liberada suficientes para desencadenar el proceso de licuefacción, y que sus efectos, a su vez, queden preservados en el registro geológico (Atkinson *et al.*, 1984). Entre las estructuras relacionadas, venas y fisuras rellenas, y estructuras almohadilladas son las más comunes (Audemard y De Santis, 1991; Giner-Robles *et al.*,

2012). Estas estructuras se preservan con más facilidad en sedimentos siliciclásticos recientes (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2016), aunque su presencia se ha descrito en rocas del Proterozoico (Qiao y Gao, 2000; Mazumder *et al.*, 2006) y del Paleozoico (Ettensohn *et al.*, 2002; Berra y Felletti, 2011), indicando que son procesos recurrentes a lo largo del registro sedimentario de nuestro planeta.

Conclusiones

Las SSDS estudiadas se localizan principalmente en dos tramos de espesor métrico situados en los 40 m superiores de la Cuarcita Armoricana. En su generación han debido intervenir procesos de licuefacción desencadenados por sacudidas sísmicas.

Estas estructuras constituyen un registro local de las condiciones de inestabilidad tectónica en las que se produjo la sedimentación en la plataforma marina del margen continental de Gondwana durante el Ordovícico.

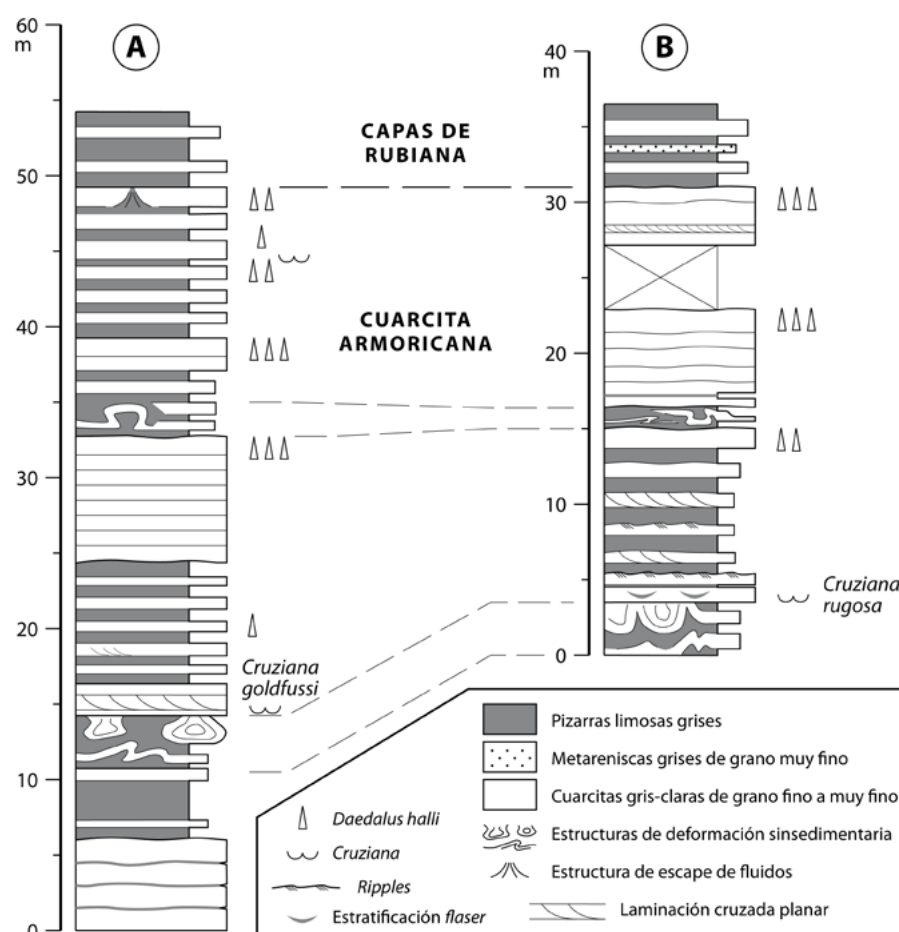


Fig. 2.- Columnas estratigráficas representativas del flanco septentrional (A) y meridional (B) del Anticlinal de Manzaneda en el área de estudio.

Fig. 2.- Representative stratigraphic columns of the northern (A) and southern (B) limb of the Manzaneda Anticline in the study area.



Fig. 3.- Aspecto de algunas de las estructuras de deformación sinsedimentaria. Las flechas indican la posición del techo. Ver figura en color en la web.

Fig. 3.- Some examples of the soft-sediment deformation structures. Arrows show the stratigraphic top position. See color figure in the web.

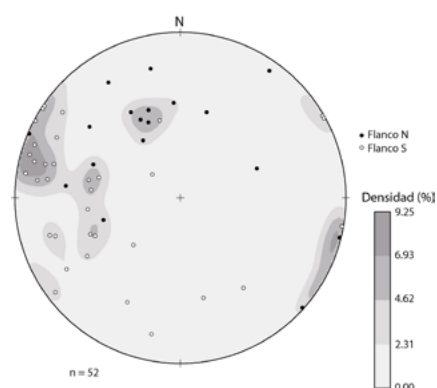


Fig. 4.- Estereograma mostrando la distribución de los ejes de las SSDS previamente al plegamiento de D_1 (proyección equiareal, hemisferio inferior).

Fig. 4.- Stereogram showing the attitude of SSDS axis prior to D_1 folding (equal-area projection, lower hemisphere).

Agradecimientos

Los autores agradecen a Sören Jensen su amable ayuda en la identificación de los diversos icnofósiles encontrados en la zona. También agradecen a los revisores, los Doctores Juan Luis Alonso e Iván Martín Rojas, sus comentarios y recomendaciones, que han contribuido a mejorar este artículo.

Referencias

Atkinson, G.M., Finn, W.L. y Charwood, R.G. (1984). *Earthquake Spectra* 1 (1), 107-123.

Audemard, F.A. y De Santis, F. (1991). *Bulletin of the International Association of Engineering Geology-Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur* 44, 5-16.

Berra, F. y Felletti, F. (2011). *Sedimentary Geology* 235, 249-263.

Cooper, A.H. y Romano, M. (1982). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal* 68 (1), 73-82.

Ettensohn, F.R., Kulp, M.A., Rast, N. y Brett, C.E. (2002). *Special Papers-Geological Society of America* 359, 177-190.

Farias, P., Gallastegui, G., González Lodeiro, F., Marquinez, J., Martín Parra, L.M., Martínez-Catalán, J.R., de Pablo Maciá, J.G. y Rodríguez-Fernández, L.R. (1987). *Memórias da Faculdade de Ciências* 1, 411-431.

Fernández-Lozano, J. (2012). *Geogaceta* 52, 17-20.

Fernández-Lozano, J., González-Díez, A., Gutiérrez-Alonso, G., Carrasco, R., Pedraza, J., García-Talegón, J., Remondo, J., Bonachea, J. y Morellón, M. (2018). *Minerals* 8, 1-22.

Giner-Robles, J.L., Pérez-López, R., Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Martín-González, F. y Cabañas, L. (2012). *Boletín Geológico y Minero* 123, 503-513.

Gutiérrez-Alonso, G., Gutiérrez-Marco, J.C., Fernández-Suárez, J., Ber-

nández, E. y Corfu, F. (2016). *Tectonophysics* 681, 85-94.

Gutiérrez-Marco, J.C., San José, M.A. y Pieren, A.P. (1990). En: *Pre-Mesozoic geology of Iberia*. (R.D. Dallmeyer y E. Martínez García, Eds.). Springer-Verlag, Berlín, 160-171.

Gutiérrez-Marco, J.C., Aramburu, C., Arbizu, M., Bernárdez E., Hacar Rodríguez, M., Méndez-Bedia, I., Montesinos López, R., Rábano, I., Truylols, J. y Villas, E. (1999). *Acta Geológica Hispánica* 34, 3-87.

Gutiérrez-Marco, J.C., Robardet, M., Rábano, I., Sarmiento, G.N., San José Lancha, M.A., Herranz Araújo, P. y Pieren Pidal, A.P. (2002). En: *The Geology of Spain*. (W. Gibbons y T. Moreno, Eds.). The Geological Society, London, 31-49.

Hernández Sampelayo, P. (1942). *Explicación del nuevo Mapa Geológico de España. Tomo II: El Sistema Siluriano*. IGME, Madrid, Memorias, 45 (1 y 2), 848 p.

Julivert, M., Fontboté, J.M., Ribeiro, A., Conde, L.E.N. (1972). *Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares E. 1:1.000.000*. IGME, Madrid, 113 p.

Martínez Catalán, J.R., Hacar Rodríguez, M.P., Villar Alonso, P., Pérez-Estaún, A. y González Lodeiro, F. (1992). *Geologische Rundschau* 81, 545-560.

Mazumder, R., van Loon, A.J. y Arima, M. (2006). *Sedimentary Geology* 186 (1-2), 19-26.

Moreno, F., Vegas, R. y Marcos, A. (1976). *Breviora Geologica Asturica* 20 (1), 8-16.

Owen, G. y Moretti, M. (2011). *Sedimentary Geology* 235 (3-4), 141-147.

Pickerill, R.K., Romano, M. y Meléndez, B. (1984). *Geological Journal* 19, 249-269.

Qiao, X. y Gao, L. (2000). *Chinese Science Bulletin* 45, 931-935.

Riemer, W. (1963). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 117, 273-285.

Rodríguez-Pascua, M.A., Silva, P.G., Perucha, M.A., Giner-Robles, J.L., Heras, C., Bastida, A.B., Carrasco, P., Roquero, E., Lario, J., Bardaji, T., Pérez-López, R. y Elez, J. (2016). *Sedimentary Geology* 344, 34-46.

Rouault, M. (1850). *Bulletin de la Société Géologique de France* [2] 7, 724-744.