

La estructura varisca de la Unidad del Pulo do Lobo (SO del Macizo Ibérico) en las transversales de Aroche y Rosal de la Frontera (Huelva)

The Variscan structure of the Pulo do Lobo Unit (SW Iberian Massif) in the Aroche and Rosal de la Frontera transects (Huelva)

Ana I. Martínez Poza¹, David J. Martínez Poyatos², José Fernando Simancas Cabrera² y Antonio Azor²

¹ Departamento de Geología, Universidad Autónoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Barcelona, España. anaisabel.martinez@uab.cat

² Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Campus de Fuentenueva, 18071 Granada, España. djmp@ugr.es, simancas@ugr.es, azor@ugr.es

ABSTRACT

A detailed structural study has been made in two transects of the Pulo do Lobo Unit, southern Variscan orogen. The lithostratigraphic sequence (from bottom to top, Pulo do Lobo, Ribeira de Limas, and Santa Iría Fms.) is confirmed, and it is demonstrated the unconformity at the base of the Santa Iría Fm. Three phases of penetrative deformation and associated foliations/tectonic bandings are recorded. The deformation style is ruled by folding and flattening, with segregated and folded quartz veins. Two geological cross-sections have been constructed, displaying the geometry of the second and third deformations, of Carboniferous age. Furthermore, a relict foliation exists preserved inside the metapsammitic microlithons, which could be related to the Devonian emplacement of the unit, from a position near a Caledonian deformation area, to the present position between the Ossa-Morena/South Portuguese Zones.

Key-words: Variscan structure, Pulo do Lobo, Iberian Massif.

RESUMEN

Se ha realizado un análisis estructural detallado en dos transversales de la Unidad del Pulo do Lobo (orógeno Varisco). Se confirma la secuencia litostratigráfica previa (de muro a techo, Fms. Pulo do Lobo, Ribeira de Limas, y Santa Iría), y se demuestra la existencia de una discordancia en la base de la Fm. Santa Iría. La deformación es polifásica, y se reconocen tres fases de deformación penetrativa con foliación/bandeado tectónico asociados. El estilo de deformación es plegamiento dominado por el aplastamiento. Son frecuentes las venas de segregación de cuarzo plegadas. Los cortes geológicos realizados ilustran los pliegues de segunda y tercera fase, de edad Carbonífera. Además, en microlitones de metapsammitas se preserva una foliación relict, que podría relacionarse con el emplazamiento Devónico de la unidad, desde una posición cercana a un área afectada por deformación Caledoniana, hasta su posición actual entre las Zonas de Ossa-Morena y Sudportuguesa.

Palabras clave: Estructura varisca, Pulo do Lobo, Macizo Ibérico.

Geogaceta, 52 (2012), 21-24.
ISSN 2173-6545

Fecha de recepción: 14 de febrero de 2012
Fecha de revisión: 26 de abril de 2012
Fecha de aceptación: 25 de mayo de 2012

Introducción

La Unidad del Pulo do Lobo aflora inmediatamente al Sur del límite entre las Zonas de Ossa-Morena y Sudportuguesa, en el SO del Macizo Ibérico (Fig. 1A). Se trata de un conjunto tectonoestratigráfico anti-formal de grado muy bajo/bajo, compuesto mayoritariamente por rocas de naturaleza metasedimentaria (pelitas, areniscas y grauvacas) con algunas intercalaciones ígneas (Oliveira, 1990).

La Unidad del Pulo do Lobo ha sido considerada por varios autores como una unidad de sutura asociada al cierre del

Océano Rheico y la posterior colisión entre los paleocontinentes de Avalonia y Gondwana. En este sentido, la Unidad del Pulo do Lobo se ha interpretado como un prisma de acreción con elementos litológicos de carácter exótico (*mélange* intensamente imbricada, frente a la interpretación estratigráfica secuencial previa de Oliveira, 1990), relacionado con la subducción de la litosfera oceánica Rheica (e.g., Eden y Andrews, 1990; Onézime *et al.*, 2002; Ribeiro *et al.*, 2007).

Desde el punto de vista estructural, la existencia de foliaciones superpuestas ha sido puesta de manifiesto por diversos au-

tores en varias localidades (e.g., Crespo-Blanc, 1990; Silva *et al.*, 1990; Fonseca, 2005). Más recientemente, Braid *et al.* (2010) han subdividido la parte oriental de la unidad en varios dominios tectonoestratigráficos, cuyas estructuras serían el resultado de la superposición de varias deformaciones no coaxiales y de acortamiento. En cualquier caso, los trabajos previos no incluyen un análisis estructural que aporte cortes geológicos ilustrativos de las estructuras mayores de la Unidad del Pulo do Lobo, más allá de la referencia a una vaga estructura antiformal. Tal es el objetivo de este trabajo.

Litoestratigrafía

El reconocimiento de campo realizado en la parte española de la Unidad del Pulo do Lobo coincide, en líneas generales, con la cartografía previa del MAGNA (Apalategui *et al.*, 1979; Barranco *et al.*, 1979), si bien se han redefinido algunos contactos litológicos y tectónicos (Fig. 1A).

Siguiendo la descripción de Fonseca (2005), la unidad del Pulo do Lobo se divide en tres conjuntos litoestratigráficos principales de edad Devono-Carbonífera, que son de más antiguo a más moderno: la Formación Pulo do Lobo, la Formación Ribeira de Limas, y la Formación Santa Iria.

La *Formación Pulo do Lobo* aflora ampliamente y está constituida por una serie monótona de filitas oscuras satinadas, esquistos, e intercalaciones menores de metapsammitas (Fig. 1D). Es muy común la presencia de venas de cuarzo, que presentan un grado de plegamiento variable.

Hacia la base de la formación, hay intercalaciones decamétricas de esquistos verdes (metabasaltos) con afinidad geoquímica MORB. También alternan capas de metaareniscas y niveles de metabasaltos, a modo de bloques muy deformados y desenraizados, dentro de una matriz clorítica. Esta secuencia de rocas es la que se ha interpretado como una *mélange* dentro de un conjunto acrecional (Eden y Andrews, 1990).

No se han descrito fósiles. La edad de los circones detríticos más jóvenes en rocas de la *mélange* es Silúrico Inferior, que por otro lado sugiere una procedencia de los Caledónides Británicos (Braid *et al.*, 2011).

La *Formación Ribeira de Limas* está constituida por filitas claras, metapsammitas cuarzosas y arcosas (Fig. 1E). El reconocimiento de campo ha puesto de manifiesto que existe una transición gradual entre esta formación y la anterior, con la aparición progresiva de niveles centi-decimétricos de metapsammitas claras hacia el techo de la Fm. Pulo do Lobo.

El contenido fosilífero indica una edad Devónico, probablemente Medio-Superior (Pereira *et al.*, 2008).

La *Formación Santa Iria* (Horta da Torre en Portugal; Oliveira; 1990) consiste en una alternancia de bancos de pizarras y grauvacas flyschoides (Fig. 1F). Los litoclastos tie-

nen un tamaño desde milímetros (grauvacas) a centímetros (microconglomerados), siendo los más abundantes clastos de feldespato. Otros litoclastos son fragmentos de cuarcitas, metasedimentos foliados (*¿*filitas oscuras de las formaciones infrayacentes?), litologías afines a anfibolitas y gabros, y otros clastos de naturaleza esquistosa. Todas estas litologías se encuentran en unidades adyacentes e infrayacentes a la Fm. Santa Iria.

Su contenido fosilífero es de edad Fameniense Superior-Carbonífero basal (Pereira *et al.*, 2008). Además, los circones detríticos muestran una población importante Devono-Carbonífera, con un fuerte pico en c. 347 Ma, indicando la edad máxima de sedimentación (Braid *et al.*, 2011). Por tanto, la edad de la Fm. Santa Iria debe ser Carbonífero basal, y los fósiles devónicos probablemente son resedimentados.

Estructuras penetrativas

Las rocas de la Unidad del Pulo do Lobo están afectadas por un metamorfismo que varía desde facies de esquistos verdes en la Fm. Pulo do Lobo, a grado muy bajo en la Fm. Santa Iria (Munhá, 1990).

Se reconocen tres fases de deformación penetrativas (p-1, p, p+1), con foliación asociada, que se relacionan con tres generaciones de pliegues. Estas tres foliaciones se pueden observar tanto en la Fm. Pulo do Lobo como en la Fm. Ribeira de Limas. Por el contrario, en la Fm. Santa Iria (y en las metabasitas de la *mélange*) sólo se observan las dos últimas foliaciones.

La foliación principal (S_p) es la más evidente y penetrativa a escala de afloramiento y muestra de mano en la mayoría de litologías. Cuando es la primera (Fm. Sta Iria), se sobrepone a S_0 ; cuando es de crenulación (Fms. Ribeira de Limas y Pulo do Lobo) a menudo deja micro-mesolitones (de escala submilimétrica a varios milímetros), en cuyo interior se preserva una foliación

anterior (S_{p-1}). A su vez, S_p está plegada por pliegues relativamente levantados (p+1), que, en función de la litología y grado de apretamiento, desarrollan otra foliación de crenulación más o menos intensa (S_{p+1}).

La foliación S_{p-1} es una foliación muy fina y penetrativa, que forma un ángulo grande con S_p , y muy a menudo está microplegada. Está preservada preferentemente en los niveles metapsammiticos en el interior de microlitones, con los que presenta relaciones de charnela (Fig. 1D, E). La fase p-1 lleva asociada la aparición de venas de cuarzo, las cuales están plegadas y en ocasiones desenraizadas.

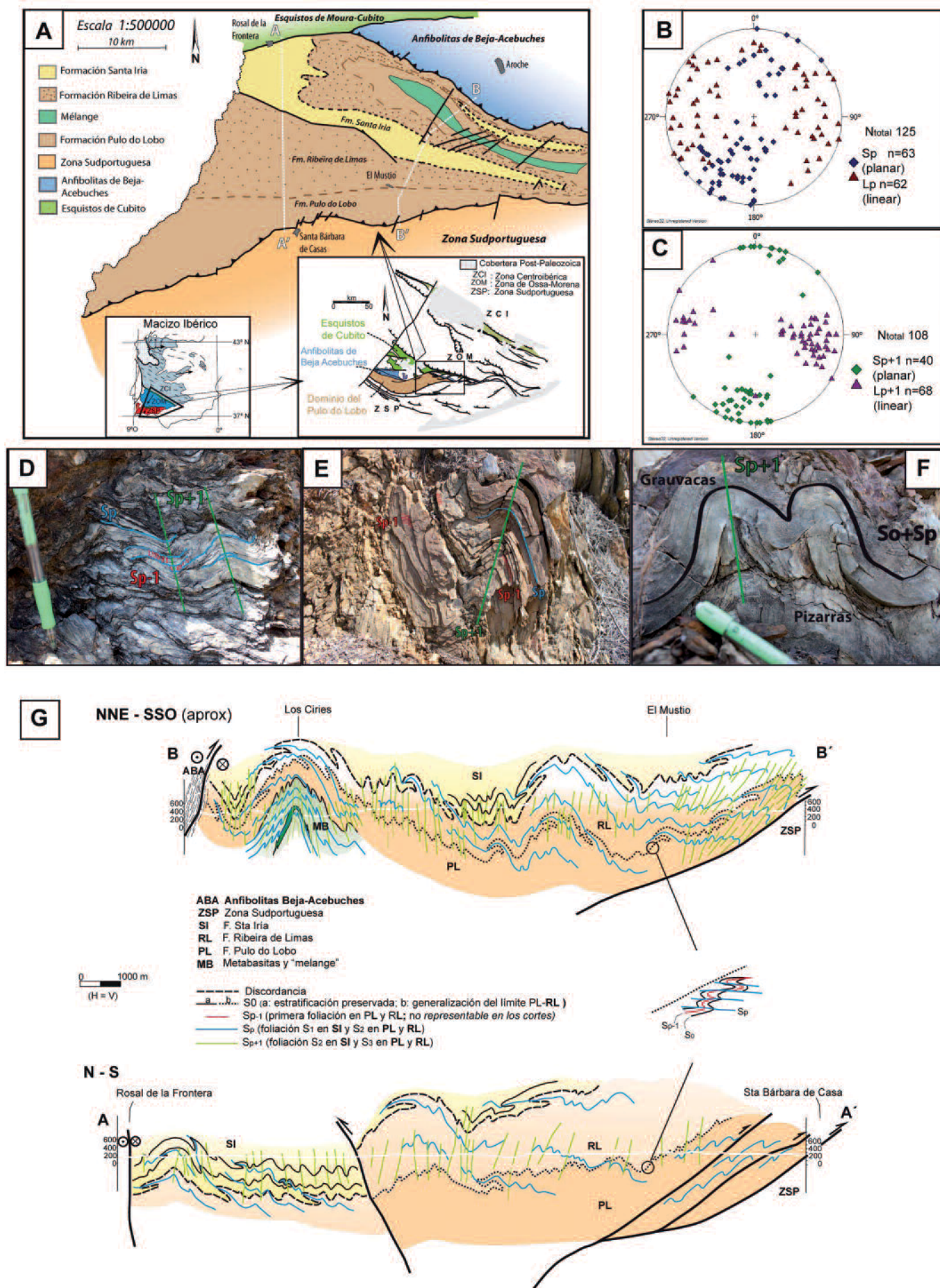
La fase principal se manifiesta como una foliación de crenulación S_p sobre la foliación previa en las Fms. Pulo do Lobo y Ribeira de Limas (Fig. 1D, E), mientras que en la Fm. Santa Iria da lugar a un clivaje pizarroso sobrepuesto a la estratificación (S_0) (Fig. 1F). Tiene asociados pliegues de crenulación muy apretados, con una foliación de plano-axial de dirección media N110°E y buzamientos variables debido a que está plegada (Fig. 1B). La fase principal debió de ir acompañada de un proceso de disolución por presión, que dio lugar al desarrollo de un bandeado tectónico de escala submilimétrica (Fm. Pulo do Lobo) a centimétrica y regular (Fm. Ribeira de Limas). Además llevó asociada la aparición de venas de cuarzo, las cuales están plegadas por la siguiente deformación.

La fase de deformación p+1 produjo un plegamiento con planos axiales levantados (Fig. 1D, E, F), con una orientación de la foliación asociada de dirección media N100°E y buzamientos subverticales o fuertes hacia el Norte (Fig. 1C). Los pliegues pueden ser desde abiertos a cerrados y se comienza a desarrollar un clivaje de espaciado centimétrico-decimétrico (S_{p+1}).

Esta fase también debió de llevar aparejada disolución por presión sobre los planos de clivaje, definiendo un nuevo bandeado tectónico. Así, este bandeado tectónico

Fig. 1.- A: Mapa geológico simplificado de la Unidad del Pulo do Lobo, y su situación en el SO del Macizo Ibérico. B, C: Estereogramas de orientación (hemisferio inferior) de foliación (rombos) y lineaciones y ejes de pliegues (triángulos) de las fases de deformación segunda (principal) y tercera, respectivamente. D, E, F: Estructuras de plegamiento superpuestas en distintas litologías; D: filitas con niveles de metapsammitas (Fm. PL), E: metapsammitas cuarzosas (Fm. RL), F: pizarras y grauvacas (Fm. SI). G: Cortes geológicos (situación en A).

Fig. 1.- A: Simplified geological map of the Pulo do Lobo Unit, and its location in the SW Iberian Massif. B, C: Orientation stereograms (lower hemisphere) of the foliation (rhombs) and lineations and folds axis (triangles) of the second (main) and third deformations, respectively. D, E, F: Superposed folds structures in different lithologies; D: phyllites with metapsammites levels (PL Fm.), E: quartz metapsammites (RL Fm.), F: Slates and greywackes (SI Fm.). G: Geological cross-sections (location in A).



da lugar a pseudobancos (macrolitones) de escala decimétrica, que pueden confundirse con la S_0 de las metapsammitas, cuando en realidad se trata de una estructura de deformación.

Estructuras mayores

A partir de las observaciones estructurales sistemáticas realizadas a lo largo de dos transversales (de Aroche hacia el SO, por el paraje del Mustio, y de Rosal de la Frontera a Santa Bárbara de Casa (Fig. 1A), se han construido dos cortes geológicos detallados (Fig. 1G).

La Unidad del Pulo do Lobo se encuentra limitada por contactos mecánicos. Por el Norte, en el corte BB', se observa el cabalgamiento dúctil lateral-izquierdo de las Anfibolitas de Beja-Acebuches y en el corte AA', existe una falla subvertical lateral-izquierda. Por el Sur, la Unidad del Pulo do Lobo cabalga (también con componente lateral izquierda) frágilmente sobre rocas de la Zona Sudportuguesa.

La estructura interna de la Unidad del Pulo do Lobo se muestra en los cortes geológicos como la superposición de varias etapas de plegamiento con sus foliaciones asociadas (Fig. 1G).

La última etapa de deformación ($p+1$) dibuja grandes pliegues levantados, que son los responsables de la distribución cartográfica de las formaciones. Así, en el núcleo de los antiformes afloran los términos más bajos de la unidad (e.g., antiforme Los Círies), mientras que la Fm. Santa Iría lo hace a favor de sinformes.

La etapa de plegamiento principal (p) muestra una estructura general de grandes flancos normales vergentes hacia el Norte, y localmente se observan relaciones de flanco inverso. Los pliegues de la fase $p-1$ no pueden representarse con propiedad en los cortes geológicos, por conservarse sólo en el interior de microlitones. No obstante, las relaciones S_{p-1}/S_p observadas en afloramiento

permiten determinar que el ángulo entre ellas es generalmente grande. Ello sugiere, sin más precisiones, que el plegamiento asociado a S_{p-1} debió tener una vergencia regional opuesta a la de S_p .

Conclusiones

El análisis estructural detallado realizado en dos transversales de la Unidad del Pulo do Lobo ha permitido confirmar la secuencia litoestratigráfica propuesta por autores previos, de muro a techo: Fm. Pulo do Lobo (¿Devónico Inf- Medio?), Fm. Ribeira de Limas (Devónico Medio-Superior) y Fm. Santa Iría (Carbonífero basal). Se destaca el carácter gradual del límite entre las dos primeras, mientras que la Fm. Santa Iría es claramente discordante y más joven (por su contenido de circones detríticos Carboníferos, de litoclastos de las formaciones adyacentes e infrayacentes, y por la ausencia de la foliación S_{p-1}).

Se han caracterizado tres fases de deformación penetrativa por plegamiento, con foliación asociada. La fase de deformación principal dio lugar a pliegues vergentes al Norte, con escaso desarrollo de flancos inversos. Tal estructura está a su vez afectada por pliegues de crenulación, erguidos o vergentes hacia el Sur. En ambos casos, la deformación estuvo acompañada de disolución por presión importante sobre los planos de clivaje, dando lugar a sendos bandeados tectónicos que podrían confundirse con una estratificación. En consecuencia, son muy frecuentes las venas de segregación de cuarzo, variablemente plegadas. Además, en las rocas precarboníferas existe una foliación relictiva, bien preservada en microlitones de metapsammitas, que forma un ángulo grande con la foliación principal. Tal deformación previa estuvo quizás relacionada con el emplazamiento devónico de la unidad, desde una posición cercana al dominio de deformación caledoniano (Avalonia), hasta su posición actual en el límite

entre las Zonas de Ossa-Morena y Sudportuguesa.

Agradecimientos

A los revisores F. Bastida y J.B. Silva, y editores, por sus comentarios. Trabajo financiado por los proyectos CGL2007-63101/BTE, CGL2011-24101 y TOPO-IBERIA CONSOLIDER-INGENIO CSD2006-00041.

Referencias

- Apalategui, O., Barranco, E., Contreras, F. y Roldán, F.J. (1979). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 916 (Aroche) y memoria*. IGME. 65 p.
- Barranco, E., Contreras, F., y Roldán, F.J. (1979). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 915 (Rosal de la Frontera) y memoria*. IGME. 28 p.
- Braid, J.A., Murphy, J.B. y Quesada, C. (2011). *Journal of the Geological Society*. 168, 383-392.
- Braid, J.A., Murphy, J.B. y Quesada, C. (2010). *Gondwana Research*, 17, 422-439.
- Crespo-Blanc, A. (1990). *Boletín Geológico y Minero de España*, 101-5, 669-677.
- Eden, C.P. y Andrews, J.R. (1990). *Proceedings of the Ussher Society*, 7, 217-222.
- Fonseca, P.E. (2005). *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*, 30, 213-222.
- Munhá, J. (1990). En: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia* (R.D. Dallmeyer y E. Martínez-García Eds.), Springer, Berlin, 363-368.
- Oliveira, J.T. (1990). En: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, (R.D. Dalleyer y E. Martínez García, Eds.). Springer, Berlin, 334-347.
- Onézime, J., Charvet, J., Faure, M., Bourdier, J. y Chauvet, A. (2002). *Journal of Structural Geology*, 24, 451-468.
- Pereira, Z., Matos, J., Fernandes, P. y Oliveira, J.T. (2008). *Memórias Geológicas*, 34, 176 p.
- Ribeiro, A., Munhá, J., Dias, R., Mateus, A., Pereira, E., Ribeiro, L., Fonseca, P., Araújo, A., Oliveira, T., Romão, J., Chaminé, H., Coke, C. y Pedro, J. (2007). *Tectonics*, 26, doi: 10.1029/2006TC002058.
- Silva, J.B., Oliveira, J.T. y Ribeiro, A. (1990). En: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. (R.D. Dallmeyer y E. Martínez-García, Eds.). Springer, Berlin, 348-362.