

Fig. 2.- Mapa geológico estructural de detalle del sector estudiado en el que se han identificado pliegues de escala cartográfica de la fase varisca denominada C3 en el esquema general de fases de deformación para el NO de Iberia.

Fig. 2.- Detailed geological-structural map of the studied sector, where map-scale folds have been identified and ascribed to C3 Variscan phase of the general deformation scheme for the NW of Iberia.

y referencias citadas). El Arco Centro Ibérico (ACI), de edad tardi-Varisca (C3) propuesto en ese modelo propone que los pliegues mayores, dispuestos longitudinalmente a la ZCI, entre los que se encuentra el de Tamames, no son el resultado del acortamiento inicial. Para comprobar si este sinclinal es una estructura temprana (C1) o tardía (C3) se realizaron trabajos de campo y micro-estructurales, centrados en el sector Este del flanco Norte del sinclinal, que fueron complementados en el flanco Sur (corte del río Alagón), con el resultado de una actualización del mapa geológico local y un nuevo esquema de las fases variscas de deformación registradas en el sector.

Estructura del sector estudiado

El sinclinal, de dirección NO-SE, pliega una secuencia paleozoica metasedimentaria de bajo grado (Cámbrico inferior a Devó-

nico). Una descripción general de las unidades litoestratigráficas implicadas puede obtenerse en Díez Balda (1986), Martín Herrero *et al.* (1990) and Gutiérrez-Alonso *et al.* (2011). Un rasgo destacado de esta secuencia es la existencia de una discordancia angular que separa los sedimentos del Cámbrico inferior de los del Ordovícico Inferior: la discordancia Toledánica. Sobre ésta aparece de modo discontinuo, y con una potencia máxima de 75 m, una formación denominada en este trabajo La Rollarina, y que inicia la secuencia ordovícica en la zona. Aunque había sido referida como el conglomerado basal de la Cuarcita Armoricana, es más descriptivo definirla como una secuencia rítmica, compuesta por bancos grano-decrecientes con espesores inferiores a 1 m, formados por arenas medias a gruesas y conglomerados poco abundantes, constituidos por cantos redondeados y menores de 1 cm de cuarzo blanco, en la parte

inferior de algunos ciclos. El color de la formación es blanco, aunque localmente presenta tonos ocre y rojizos en su matriz.

En el sector estudiado (Fig. 2), la Cuarcita Armoricana forma pliegues cartográficos

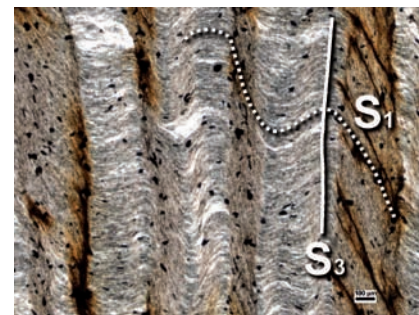


Fig. 3.- Microfotografía de las Pizarras de La Bastida mostrando el clivaje de crenulación (S3) deformando al pizarroso regional (S1).

Fig. 3.- Microphotograph of La Bastida Slates displaying the crenulation cleavage (S3) which deformed the regional slaty cleavage (S1).

cos de un orden menor que el sinclinal de Tamames. Como el sinclinal mayor, estas estructuras están orientadas NO-SE, con plano axial subvertical y presentan, en las litologías favorables (Pizarras de la Bastida), una esquistosidad de crenulación asociada (Fig. 3) ya descrita por Yenes *et al.* (1999).

La foliación tectónica previa es un clivaje pizarroso que puede ser observado en toda la región. La relación geométrica entre este primer clivaje y la estratificación indica que esta foliación tectónica no está relacionada con el sinclinal de Tamames, sino que fue formada en una fase anterior de deformación y plegada posteriormente. El diedro entre esta primera foliación y la capas es constante en todo el sector y coherente con pliegues (no observados) vergentes hacia el NE. Este clivaje es, por tanto, coincidente con el generado por la primera fase varisca en gran parte del NO de Iberia (sector de los pliegues F1 vergentes al NE de Díez Balda *et al.*, 1990) y puede ser considerado el C1 varisco (Fig. 4).

El granito de Los Santos, situado al SE del sinclinal de Tamames, genera una aureola de metamorfismo térmico que afecta a parte del sector estudiado (Fig. 2), permitiendo observar las relaciones entre la blastesis de los minerales de baja P / alta T (andalucita y cordierita) y el clivaje de crenulación (Fig. 5).

Como refleja la microfotografía, este segundo clivaje se ha formado previa a sincrónicamente del evento térmico del granito. La edades radiométricas obtenidas para el granito de Los Santos (309-307 m.a.; Zeck *et al.*, 2007; Gutiérrez-Alonso *et al.*, 2011) indican que esta crenulación es

contemporánea de la foliación C3 en la ZCI del NO de Iberia (316-308 m.a.; Dallmeyer *et al.*, 1997). Estos datos permiten concluir que los pliegues mayores estudiados, y el propio sinclinal de Tamames, se formaron debido a un acortamiento tardi-varisco que, por su orientación y edad, puede ser adscrito a la tercera fase regional (C3).

El ángulo diedro entre las capas de los materiales cámbricos y ordovícicos, causado por la discordancia angular, genera un salto en los planos axiales de los pliegues C3 debido a condicionamientos geométricos (Figs. 2 y 6). El plegamiento pre-ordovícico aparente que muestra el mapa en la Caliza de Tamames se debe únicamente a este efecto (ver Ramsay, 1977, pág. 529), como apoya la ausencia de foliaciones tectónicas pre-ordovícicas en los materiales cámbricos.

En el sector estudiado se ha identificado otro sistema de plegamiento constituido por pliegues de amplitud decamétrica, subhorizontales y poco aplastados (Fig. 4) que deforman los pliegues C3 antes descritos. Localmente son más aplastados y generan una foliación tectónica de plano axial, con buzamiento suave al SE, en las litologías favorables. Estos pliegues son responsables de la oscilación alrededor de la vertical de la estratificación y de las foliaciones tectónicas anteriores (C1 y C3) que se observan en el mapa (Fig. 2) y en el corte esquemático (Fig. 4).

Conclusiones

Los datos estructurales observados en la parte más oriental del sinclinal de Tama-

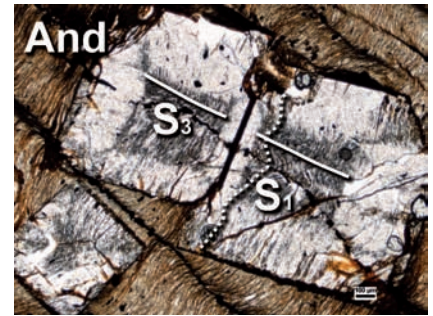


Fig. 5.- Microfotografía de la Pizarras de La Bastida en la que se observa el clivaje de crenulación (S3) deformando al pizarroso regional (S1), dentro y fuera de los porfiroblastos de andalucita (And).

Fig. 5.- Microphotograph of La Bastida slates displaying the crenulation cleavage (S3) which deformed the regional slaty cleavage (S1), both inside and outside of the andalusite porphyroblasts (And).

mes confirman que los pliegues mayores existentes en el sector se formaron en un evento contractivo tardi-varisco (C3), como sustenta la relación de su foliación tectónica asociada (S3) con la previa (S1) y con la blastesis de los minerales índice del metamorfismo térmico generado por el granito de Los Santos.

La adscripción de los pliegues cartográficos a un evento contractivo, de dirección NE-SO, desarrollado al final de la orogenia, es coherente con la existencia de un gran arco orogénico (el ACI), formado durante los eventos tardíos del orógeno Varisco. Estos pliegues tardíos (C3) se disponen aproximadamente paralelos al plano axial del ACI, lo que permite proponer una sincronía entre la C3 y la generación o re-aplastamiento del ACI (Martínez Catalán *et al.*, 2014), mientras que si los pliegues fuesen tempranos (C1) deberían de aparecer reorientados por él y delimitando el oroclinal.

La existencia del ACI, su edad y génesis constituyen un interesante tema de debate desde que esta antigua propuesta (Staub, 1927; Du Toit, 1937; Dvorak, 1983) fue retomada en diferentes trabajos (Aerden, 2004; Martínez-Catalán, 2011; Shaw *et al.*, 2012; Johnston *et al.*, 2013; Murphy *et al.*, 2016; Dias *et al.*, 2016; Pastor-Galán *et al.*, 2016). La confirmación de que el Sinclinal de Tamames es un estructura tardivarisca (C3) posibilita la edad y modelo defendidos por Martínez-Catalán *et al.* (2014) mientras que es problemática de encajar con los datos presentados en las otras propuestas.

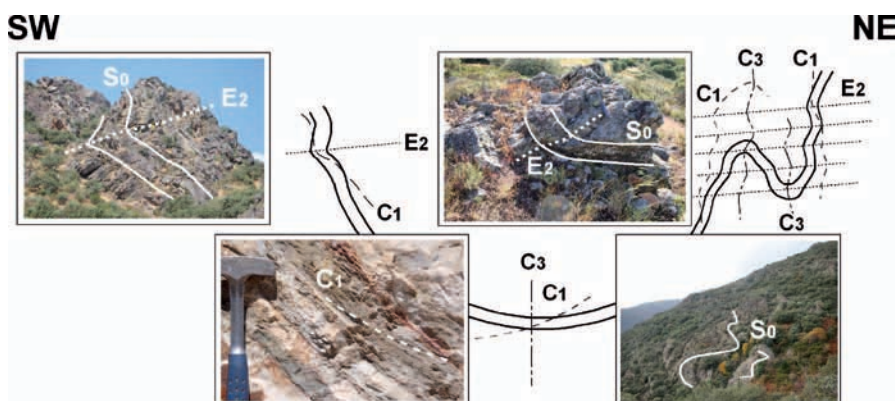


Fig. 4.- Corte esquemático del sector oriental del Sinclinal de Tamames. Las fotografías muestran las relaciones entre la estratificación (S0) y las foliaciones tectónicas asociadas a las fases de deformación varisca contractiva temprana (C1), contractiva tardía (C3) y extensional final (E2).

Fig. 4.- Schematic cross section of the eastern part of the Tamames Syncline. The photographs display the relationship between bedding (S0) and the tectonic foliations generated by the early contractive (C1), late contractive (C3) and final extensional (E2) Variscan events

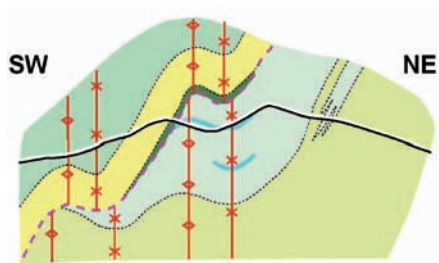


Fig. 6.- Corte esquemático I-I' de la Fig. 2 mostrando el desplazamiento en escalón de los planos axiales de los pliegues C3 a ambos lados de la discordancia angular Toledánica.

Fig. 6.- Simplified cross section I-I' on Fig. 2 showing the en echelon displacement of C3 axial planes when crossing the Toledanic angular unconformity.

Otro aspecto estructural relevante es la ausencia de pliegues y foliaciones tectónicas pre-ordovícicos, pues los observables en la Caliza de Tamames son tardi-variscos. Este dato sugiere que la discordancia Toledánica en el sector se formó por basculamiento de bloques a causa de una extensión cortical alrededor del límite temporal cambro-ordovícico y no por un evento contractivo.

También se han identificado, por primera vez en este sector, pliegues con foliación tectónica de plano axial subhorizontal posteriores a la C3. Estructuras semejantes se conocen en otros sectores de la ZCI, especialmente alrededor de los Macizos Alóctonos de Bragança (González Clavijo, 2006) y Morais (Dias da Silva, 2014), habiendo sido interpretadas como un evento extensional tardío de la orogenia (E2).

Agradecimientos

Este trabajo es un resumen de la Tesis de Fin de Grado realizada en 2016 por Guillermo Martín García en el Departamento de Geología de la Universidad de Sala-

manca. El IGME (Unidad de Salamanca) ha colaborado en la dirección de la tesis. Los autores agradecen las correcciones de los revisores Fernando Álvarez Lobato y Gabriel Gutiérrez Alonso que con sus interesantes sugerencias han ayudado a mejorar este artículo. La financiación de estos trabajos sólo puede expresarse como en las viejas inscripciones latinas: D.S.P.F. (*De Sua Pecunia Fecit*), dado que ha sido soportada económicamente en su práctica totalidad por los autores.

Referencias

- Aerden, D. (2004). *Journal of Structural Geology* 26, 26, 177-196.
- Dallmeyer, R.D., Martínez Catalán, J.R., Arenas, R., Gil Ibarguchi, J.I., Gutiérrez Alonso G., Farias, P., Bastida, F. y Aller, J. (1997). *Tectonophysics* 277, 307-337.
- Dias, R., Ribeiro, A., Romão, J., y Moreira, N. (2016). *Tectonophysics* 681, 170-194.
- Dias da Silva, Í.F. (2014). *Geología de las Zonas Centro Ibérica y Galicia-Trás-os-Montes en la parte oriental del Complejo de Morais, Portugal/España*. Laboratorio Xeolóxico de Laxe, Serie Nova Terra 45, Coruña, 424 p.
- Díez Balda, M.A. (1986). *Acta Salmanticensis, Sección Ciencias* 52, 162 p.
- Díez Balda, M.A. Vegas, R. y González Lodeiro, F. (1990). En: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, Dallmeyer y Martínez García (Eds.), Springer-Verlag, 173-188.
- Du Toit, A. (1937). *Our Wandering Continents: An Hypothesis of Continental Drifting*. Oliver and Boyd, Edimburgh, 336 p.
- Dvorak, J. (1983). *Dixième Congrès International de Stratigraphie e de Géologie du Carbonifère*, Madrid, 549-551.
- González Clavijo, E. (2006). *La geología del sin-*
- forme de Alcañices Oeste de Zamora*. Laboratorio Xeolóxico de Laxe, Serie Nova Terra 31, Coruña, 238 p.
- Gutiérrez-Alonso, G., Fernández Suárez, J., Jeffries, T.E., Johnston, S.T., Pastor Galán, D., Murphy, J.B., Franco, M.P. y Gonzalo, J.C. (2011). *Tectonics* 30, TC5008.
- Johnston, S.T., Weil, A.B., y Gutierrez-Alonso, G. (2013). *Geological Society of America Bulletin* 125, 643-663.
- Martín Herrero, D., Ugidos Meana, J.M., Nozal Martín, F. y Pardo Alonso, M.V. (1990). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 527 (Tamames) y memoria*. IGME, Madrid, 95 p.
- Martínez Catalán, J.R. (2011). *International Journal of Earth Sciences*, 101, 1299-1314.
- Martínez Catalán, J.R., Rubio Pascual, F.J., Díez Montes, A., Díez Fernández, R., Gómez Barreiro, J., Dias da Silva, Í., González Clavijo, E., Ayarza, P. y Alcock, J.E. (2014). *Geological Society, London, Special Publications* 405, 225-247.
- Murphy, J.B., Quesada, C., Gutiérrez-Alonso, G., Johnston, S.T. y Weil, A. (2016). *Tectonophysics* 681, 209-219.
- Pastor-Galán, D., Dekkers, M.J., Gutiérrez-Alonso, G., Brouwer, D., Groenewegen, T., Krijgsman, W., Fernández-Lozano, J., Yenes, M. y Álvarez-Lobato, F. (2016). *Gondwana Research* 39, 96-113.
- Ramsay, J. (1977). *Plegamiento y Fracturación de Rocas*. H. Blume Ediciones, Madrid, 590 p.
- Shaw, J., Johnston, S., Gutiérrez-Alonso, G. y Weil, A. (2012). *Earth and Planetary Science Letters*, 329 (330), 60-70.
- Staub, R. (1927). T. Real Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes de Córdoba, 1-83.
- Yenes, M., Álvarez, F. y Gutiérrez-Alonso, G. (1999). *Journal of Structural Geology* 21, 1419-1440.
- Zeck, H.P., Wingate, M.T.D. y Pooley, G. (2007). *Geological Magazine* 144, 157-177.