

# Las deformaciones del zócalo hercínico de la Sierra de Espadán (Cordillera Ibérica suroriental, Castellón, España)

*Deformations of the Hercynian basement of the Sierra de Espadán (southeastern Iberian Chain, Castellón, Spain)*

Marta Ansón Sánchez y Andrés Gil Imaz

Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza, España.  
martaanson@msn.com, agil@unizar.es

## ABSTRACT

A structural analysis of the Hercynian pre-Permian materials at the Espadán Range (Castellón, SE Iberian Chain) has been carried out. From several outcrops, a sequence of hercynian deformational stages has been established, including: 1) stage of high flattening ( $D_n$ ) with cleavage-related folds, 2) NW-SE cleavage-related folds with crenulation cleavage (stage  $D_{n+1}$ ) and 3) N-S folds with related discontinuous cleavage (stage  $D_{n+2}$ ). The present-day disposition of the meso-scale Hercynian structures is related to the Tertiary flexural folding affecting the whole outcrop.

**Key-words:** Hercynian deformation, deformational sequence, Tertiary flexural folding, Espadán Range, Iberian Chain.

## RESUMEN

Se ha realizado un análisis estructural de los materiales paleozoicos, pre-pérmicos, de la Sierra de Espadán (Castellón, Cordillera Ibérica suroriental). A partir de varios afloramientos, se ha establecido una secuencia de deformación hercínica que incluye: 1) etapa de intenso aplastamiento ( $D_n$ ) con desarrollo de pliegues y esquistosidad cristalofílica, 2) pliegues sinquistosos NO-SE con esquistosidad de crenulación (etapa  $D_{n+1}$ ) y 3) pliegues N-S con esquistosidad discontinua (etapa  $D_{n+2}$ ). La actual disposición de las estructuras mesoscópicas hercínicas es resultado del plegamiento flexural terciario del conjunto.

**Palabras clave:** Deformación hercínica, secuencia deformacional, plegamiento flexural terciario, Sierra de Espadán, Cordillera Ibérica.

Geogaceta, 53 (2013), 45-48.  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 14 de julio de 2012  
Fecha de revisión: 25 de octubre de 2012  
Fecha de aceptación: 30 de noviembre de 2012

## Introducción

El dominio geológico de la Sierra de Espadán se localiza en el extremo SE de la Cordillera Ibérica. Junto con los afloramientos del Desert de les Palmes al Norte de Castellón, atribuidos al Carbonífero, representan los afloramientos más surorientales de materiales del zócalo hercínico dentro de la Cordillera Ibérica (Obis y Canérot, 1973; Sos y Sanfeliu, 1983; Garay, 2000).

Los materiales hercínicos de la Sierra de Espadán se localizan en el núcleo de un gran anticlinal de orientación media N110°E, (Anticlinal de Espadán), constituido en su mayor parte por una potente serie de materiales terrígenos de edad permo-triásica (Martín *et al.*, 2005). Además, en el sector afloran extensas plataformas calcáreas del Jurásico inferior (Fig. 1). El contacto entre los materiales hercínicos

y el tegumento permo-triásico, plegado solidariamente con él (Fig. 1), se materializa en fallas de orientación ONO-ESE. Los materiales del núcleo paleozoico se encuentran afectados por pliegues hectométricos de orientación similar al afloramiento principal. Todo el conjunto aparece compartimentado por una densa red de fracturas destacando, por su longitud y magnitud de desplazamiento, las de orientación NE-SO (Obis y Canerot, 1973).

Los estudios estructurales sobre los materiales paleozoicos de la Sierra de Espadán se centran en aspectos macroestructurales y de tectónica (Obis y Canérot, 1973). En el sector próximo al Desert de les Palmes, Simón (1986) realiza un análisis estructural determinando una evolución deformacional del macizo que contempla la sucesión de, al menos, tres etapas de deformación hercínica y una cuarta de probable edad alpina.

En este trabajo se estudian las deformaciones de los materiales hercínicos de la Sierra de Espadán a escala meso y microestructural, con el objetivo de establecer un modelo cinemático coherente con los rasgos macroestructurales.

## Los materiales hercínicos

La serie sedimentaria infra-pérmica de la Sierra de Espadán aflora a lo largo de una banda discontinua de 1 a 3 km de anchura y 15 km de longitud. Está compuesta por una sucesión de pizarras, areniscas grauváquicas y algún nivel microconglomerático (Martín *et al.*, 2005). Pizarras y grauvacas se intercalan en bancos decimétricos con características típicas de facies de tipo turbidítico. La potencia de esta unidad es difícilmente estimable por el carácter discontinuo de los afloramientos (Gutiérrez y Pe-

draza, 1974). Estos materiales son asimilables con las unidades litológicas en "facies Culm" del Carbonífero del Priorat (Tarragona) o del macizo de Montalbán (Teruel) (Capote y González Lodeiro, 1983; Simón, 1986). La edad carbonífera de estos materiales ha podido ser constatada a partir de diversos restos vegetales encontrados en los tramos pelíticos del área de estudio (Sos y Sanfeliu, 1983).

### Descripción y análisis de las estructuras

El análisis de las estructuras que afectan a las rocas hercínicas se ha llevado a cabo a escalas meso- y microscópica. En varias estaciones a lo largo de todo el macizo (Fig. 1), se han tomado diversos tipos de datos estructurales: i) buzamiento de la estratificación (So), ii) buzamiento de diversas familias de esquistosidad (Sn, Sn+1, etc) y iii) orientación de líneas de charnela (In). Con el doble objetivo de caracterizar los mecanismos de deformación y establecer la relación cronológica entre las distintas familias de esquistosidad, se ha realizado un análisis microestructural a partir de láminas delgadas. Para este último fin se han considerado medidas de la esquistosidad alpina, representada en proyección, medida en puntos próximos.

La estructura más penetrativa en los diversos afloramientos analizados es una esquistosidad continua (Sn), subparalela a la estratificación, muy penetrativa en los niveles pelíticos. A escala de afloramiento el reconocimiento de esta estructura se hace más patente en aquellos puntos donde la deformación asociada afecta a estructuras frágiles (Fig. 2). Puntualmente es posible observar su relación de plano axial respecto a pliegues métricos recumbentes (Fig. 3A), con independencia de su posición dentro de la macroestructura. A escala microscópica esta esquistosidad viene definida por una orientación preferente, muy marcada, de filosilicatos y de algunos cristales de cuarzo elongados. A diferencia de la esquistosidad de primera fase descrita en el Macizo del Desert de les Palmes (Simón, 1986), los filosilicatos presentan evidencias de recristalización por lo que puede clasificarse como una esquistosidad cristalofílica.

La esquistosidad continua Sn se encuentra afectada por pliegues de todas las escalas (desde centimétrica a métrica), con esquistosidad de crenulación asociada. A

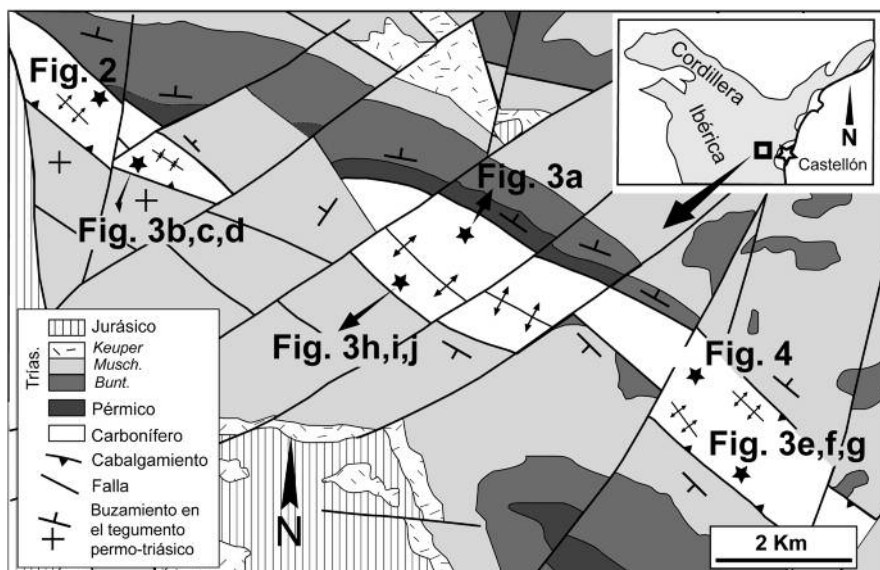


Fig.1.- Esquema geológico del macizo paleozoico de la Sierra de Espadán.

Fig. 1.- Geological sketch map of the hercynian massif of the Espadán Range.

escala de afloramiento los pliegues post-Sn más abundantes y llamativos, presentan una orientación media NO-SE y vergencia variable en función de la ubicación de los afloramientos dentro del macizo paleozoico (hacia el SO para afloramientos del sector NO y los situados en el flanco sur del anticlinal del sector central y hacia el NE para afloramientos situados en el flanco norte del anticlinal del sector central y en la zona SE del macizo) (Fig.3B, E).

Las líneas de charnela de los pliegues presentan inmersión tanto hacia el NO como al SE. A menor escala es posible observar pliegues centimétricos afectando a los niveles más competentes (Fig. 3C, F). Asociada a estos pliegues aparece una esquistosidad discontinua de crenulación (Sn+1), paralela al plano axial, o en ligero abanico normal, con un grado de penetratividad variable en función de la litología (Fig. 3D) como por superficies de disolución por presión que rompen la continuidad de los micropliegues (esquistosidad de crenulación discreta) (Fig.3I).

En ocasiones los pliegues post-Sn presentan una orientación N-S, oblicua a la orientación de las estructuras dominantes. Las escasas relaciones geométricas entre las tres familias de esquistosidad descritas indican que la familia N-S (Sn+2) post-data a las anteriores (Figs. 3J y 4).

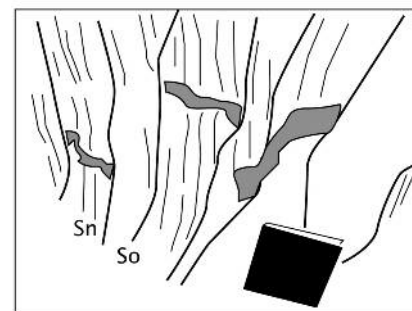


Fig. 2.- Esquistosidad continua (Sn) y grietas de extensión asociadas a la deformación Dn.

Fig. 2.- Continuous cleavage (Sn) and tension gashes linked to the deformational stage Dn.

### Interpretación y discusión

El análisis estructural de los materiales paleozoicos pre-pérmicos de la Sierra de Espadán permite establecer una secuencia de eventos deformacionales que incluye, al menos, tres etapas de deformación caracterizadas por estructuras y mecanismos de deformación distintos.

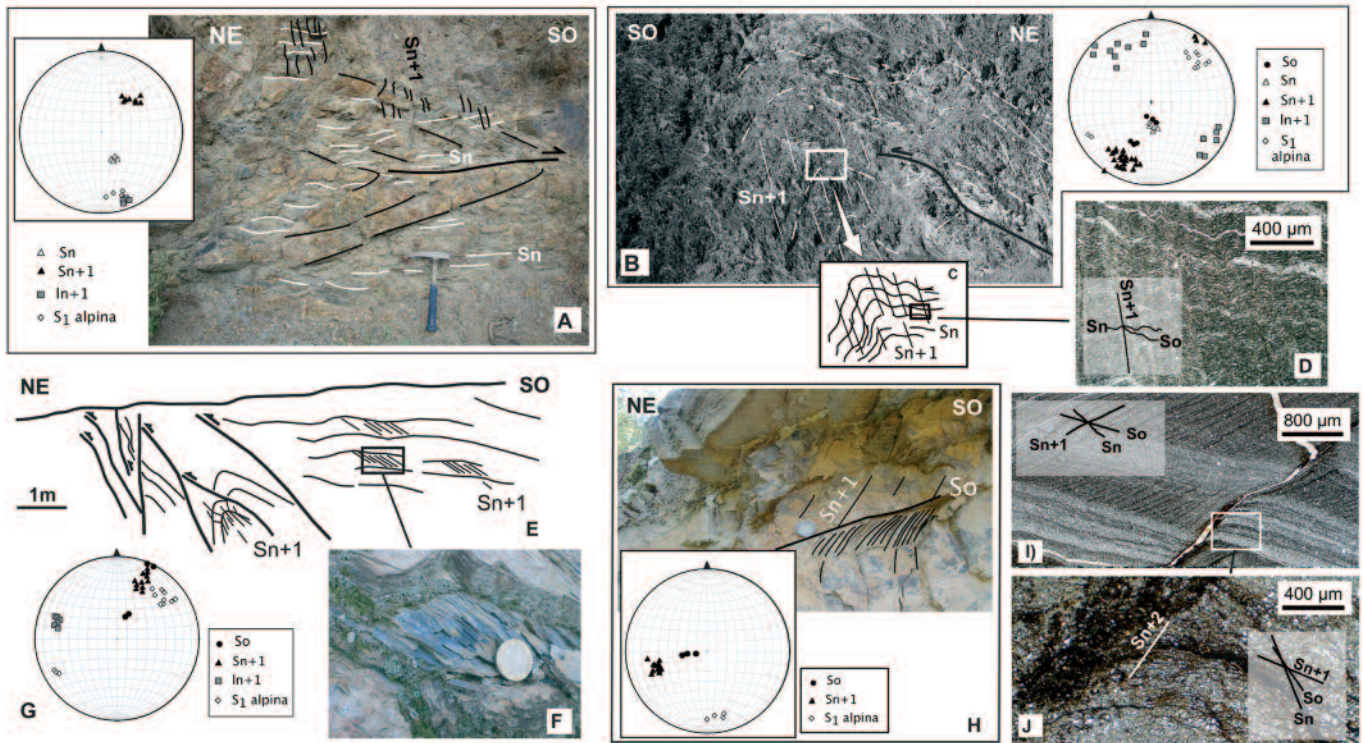


Fig. 3.- Meso- y microestructuras en el macizo paleozoico de la Sierra de Espadán. A) Aspecto de campo y datos estructurales de un pliegue métrico con esquistosidad subhorizontal ( $S_n$ ) afectada por una segunda esquistosidad de crenulación ( $S_{n+1}$ ). B) Aspecto de campo y datos estructurales de pliegues métricos, con vergencia al SO, con esquistosidad de plano axial ( $S_{n+1}$ ) que afecta a una esquistosidad anterior ( $S_n$ ) subparalela a la estratificación. C) Esquema de la zona de charnela. D) Microfotografía de una pelita con esquistosidad continua ( $S_n$ ) afectada por esquistosidad de crenulación zonal ( $S_{n+1}$ ). E) Esquema de estructuras con vergencia NE. F) Detalle de pliegues centimétricos con esquistosidad de crenulación ( $S_{n+1}$ ). G) Datos estructurales de la estación. H) Aspecto de campo y datos estructurales de la refracción de la esquistosidad de crenulación discreta ( $S_{n+1}$ ). I) Microfotografía de la esquistosidad de crenulación discreta ( $S_{n+1}$ ). J) Detalle de las relaciones de corte entre tres esquistosidades:  $S_n$ ,  $S_{n+1}$  y  $S_{n+2}$ . La localización de las fotografías se muestra en la Figura 1.

Fig.3.- Meso- and micro-structures of the Variscan massif of the Espadán Range. A) Field aspect and structural data of a metric-scale fold with subhorizontal axial-plane cleavage ( $S_n$ ) affected by a post-crenulation cleavage ( $S_{n+1}$ ). B) Field aspect and structural data of metric-scale folds with vergence to the SW and axial-plane cleavage ( $S_{n+1}$ ) affecting to previous subparallel-bedding cleavage ( $S_n$ ). C) Sketch of the hinge zone. D) Microphotograph of a pelite with a continuous cleavage ( $S_n$ ) affected by a zonal crenulation cleavage ( $S_{n+1}$ ). E) Sketch of structures with vergence towards the NE. F) Detail of centimetric-scale folds with crenulation cleavage  $S_{n+1}$ . G) Structural data of this site. H) Field aspect and structural data of the refracted  $S_{n+1}$  discrete crenulation cleavage. I) Microphotograph of the discrete crenulation cleavage ( $S_{n+1}$ ). J) Detail of the relationships between three cleavages:  $S_n$ ,  $S_{n+1}$  and  $S_{n+2}$ . Location of the photographs is shown in Figure 1.

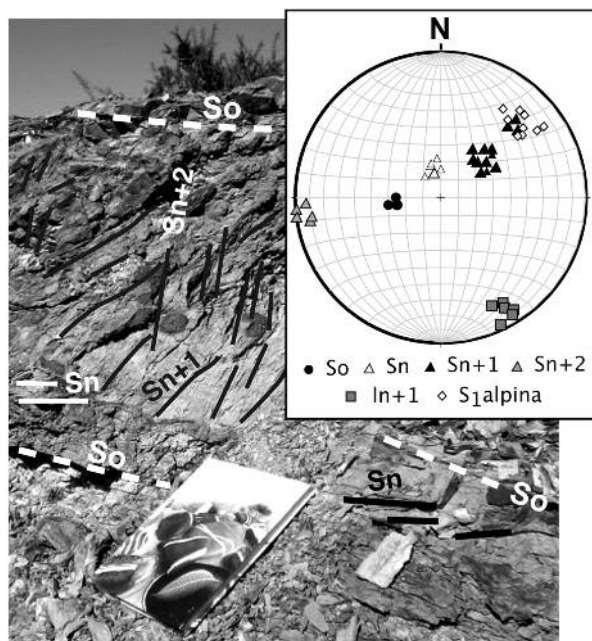


Fig. 4.- Relaciones de campo de tres esquistosidades afectando a una alternancia pelítico-samítica. Ver localización en la Figura 1.

Fig. 4.- Field relationships between three cleavages in a pelitic-samitic alternance. Location in Figure 1.

La primera etapa de deformación ( $D_n$ ) está representada por una esquistosidad continua cristalofílica muy penetrativa a todas las escalas. A partir de los escasos datos de orientación de las estructuras (pliegues y esquistosidad) asociadas a esta etapa se infiere una orientación próxima a E-O y una vergencia hacia el Sur. El elevado paralelismo entre la foliación y la estratificación sugiere que se trata de pliegues muy apretados.

El segundo evento deformacional ( $D_{n+1}$ ) se caracteriza por el desarrollo de pliegues sinesisquitosos de orientación NO-SE, con inmersión y vergencia variable en función de su localización dentro del macizo paleozoico. El tipo morfológico de esquistosidad (esquistosidad discontinua) y los mecanismos de deformación dominantes (microplegamiento y disolución por pre-

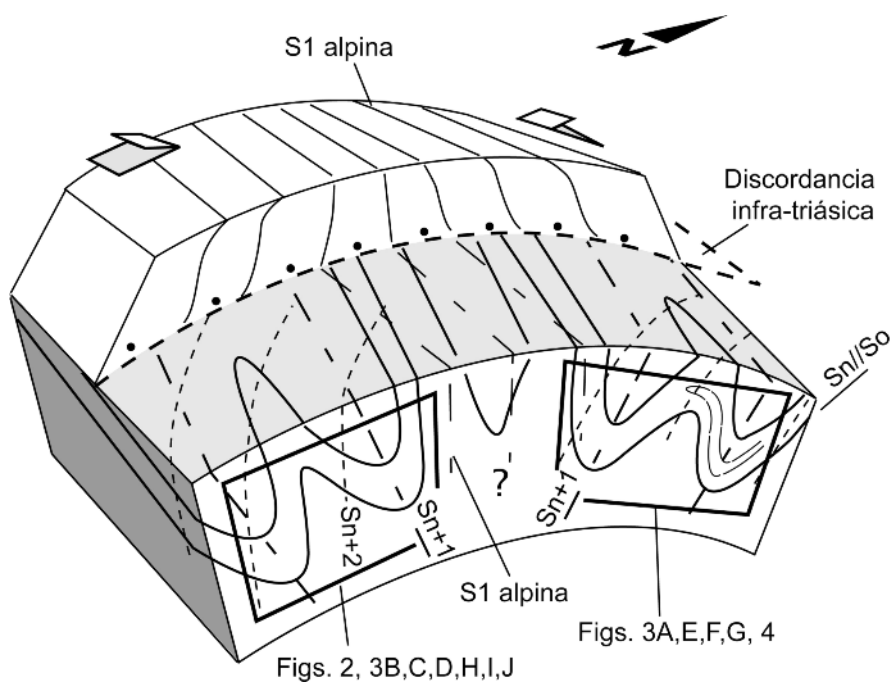


Fig. 5.- Esquema interpretativo de las relaciones entre meso y macroestructuras en el macizo paleozoico de la Sierra de Espadán.

Fig. 5.- Interpretative sketch showing the relationships between the meso- and macrostructures in the Hercynian Espadán massif.

sión) indican una etapa de deformación producida en condiciones más frágiles.

El último evento de deformación (Dn+2), escasamente documentado, se caracteriza por el desarrollo de pliegues, y esquistosidad discontinua asociada, de orientación N-S. La asignación de estas últimas estructuras a una etapa de deformación hercínica se apoya en la diferencia de orientación entre esta foliación y la que afecta a los materiales permo-triásicos suprayacentes (Gutiérrez y Pedraza, 1974; Simón, 1984, Gual *et al.*, 2011).

A partir de las características geométricas de las estructuras paleozoicas del macizo de la Sierra de Espadán y fundamentalmente las asociadas al segundo evento de deformación Dn+1, (variabilidad de la vergencia de los pliegues y la relación angular entre su superficie axial y el buzamiento de las capas del tegumento permo-triásico, ver Fig. 1), se infiere que la actual disposición del macizo paleozoico es compatible con el plegamiento flexural terciario del conjunto que, como ha sido puesto de manifiesto para el Anticlinal de Espadán (Gual *et al.*,

2011), se asocia a una importante tasa de deformación de flanco (Fig. 5). Esta dirección de plegamiento es oblicua respecto a todas las estructuras paleozoicas.

Agradecimientos

Este trabajo sintetiza los resultados obtenidos en el marco de la asignatura (Trabajo Académicamente Dirigido), de 4º curso de la Licenciatura de Geología de la Universidad de Zaragoza. Ha sido subvencionado por fondos del grupo de investigación *Geotransfer* de la Diputación General de Aragón. Agradecemos los comentarios de los revisores que han contribuido a mejorar el manuscrito.

Referencias

Capote, R. y González Lodeiro, F. (1983). En: *Libro Jubilar J.M. Ríos (I)*. IGME, 513-529.  
 Garay, P. (2000). *El dominio Triásico de Espadán-Calderona: Contribución al conocimiento geológico e hidrogeológico*. Tesis Doctoral. Univ. de Valencia, 692 p.  
 Gual, J., Gil, A. y Simón, J.L. (2011). *Geogaceta*, 51, 75-78.  
 Gutiérrez, M. y Pedraza, J. (1974). *Boletín Geológico y Minero*, 85(3), 269-270).  
 Martín, J.D., Sanfeliu, T. y Gómez, D. (2005). *Mineralogía de arcillas cerámicas. El permo-triás de Castelló*. Universitat Jaume I, Castelló de la Plana, 280 p.  
 Obis, J.A. y Canérot, J. (1973). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 616 (Villafamés) y memoria*. IGME. 21 p.  
 Simón, J.L. (1986). *Estudios Geológicos*, 42, 407-414.  
 Sos, V. y Sanfeliu, T. (1983). *La geología de la provincia de Castellón y su bibliografía*. Sociedad Castellonense de Cultura, Castellón.