

## ESTUDIO TECTONICO Y MICROTTECTONICO DE LA FRACTURACION EN UN SEGMENTO DEL SISTEMA CENTRAL ESPAÑOL

M. G. GARZÓN-HEYDT\*  
F. GONZÁLEZ LODEIRO\*\*  
R. VEGAS\*

RESUMEN.—El sistema de fracturación en el segmento occidental del Sistema Central Español ha sido determinado mediante una cartografía regional basada en criterios mixtos —geológicos, morfológicos y fotogeológicos (fotogramas del satélite ERTS-1)—. Un análisis a la escala de la microtectónica —diagramas de polos de estrías, de planos de falla y de *planos de movimiento* (ARTHAUD, 1969)— ha permitido una comprobación de la mayoría de las fracturas como pertenecientes al sistema general de “dicrochements” tardihercínicos para toda la Península, con ciertas peculiaridades para el área estudiada, donde, por otra parte, el sistema de fracturas tiene una gran implicación morfológica.

SUMMARY.—The fracture pattern in the northwestern part of the Spanish Sistema Central has been mapped on a regional basis with field, morphological and photogeologic (ERTS-1 satellite photographs) criteria. The microtectonic analysis (slickenside fault —plane and motion— plane pole diagrams) established most fractures as belonging to the general tardihercynian strike-slip system of the Peninsula, with some particularities with regard to the studied area. In that area, the fracture pattern is very relevant to morphology.

### INTRODUCCION

Desde los tiempos de MACPHERSON la divisoria morfológica de España Central ha sido considerada como un conjunto de bloques elevados o “block-mountain” en la nomenclatura de aquella época. Sin embargo, la naturaleza de las líneas de fractura que delimitan esta unidad morfológica y definen la “fábrica” del relieve no ha sido apenas estudiada, con las excepciones de

\* Departamento de Geomorfología y Geotectónica, Facultad de Geología, Universidad Complutense, Madrid-3.

\*\* Departamento de Geomorfología y Geotectónica, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca.

algunos autores (VIDAL BOX, 1937, 1942; GARCÍA DE FIGUEROLA, 1958 y las observaciones precursoras de ROYO GÓMEZ, 1934).

Dada la continuidad de las fracturas del SW de la Península en las líneas maestras de la malla de lineaciones morfotectónicas del Sistema Central, las principales fracturas de este área cristalina pueden considerarse como pertenecientes a la red de fracturación (fallas de dirección) tardihercínica, apareciendo su significado morfotectónico como una reactivación posterior (Terciario Superior?) con movimientos de componente vertical (VEGAS, 1974 y 1975).

Una vez establecida esta continuidad, el Sistema Central representa un área donde la expresión en superficie de la red de fracturación aparece mejor desarrollada que en las otras áreas no cristalinas del Centro y Sur de la Península. En base a esta mejor exposición y desarrollo de los planos de fractura en los materiales coherentes cristalinos hemos emprendido en este trabajo una descripción general de las fracturas, y un estudio cuantitativo a la escala de la microtectónica de las deformaciones de fractura, en una región donde uno de los autores (GARZON-HEYDT, 1972) había realizado una determinación detallada de las líneas de fracturación en el contexto morfotectónico de la Sierra de Gredos.

En un principio, la mayoría de los planos de fractura reconocidos han podido ser asimilados a "decrochements" y su dirección es coherente con el sistema general de fracturación del Macizo Hespérico. Para el tratamiento de los datos sobre las microestructuras medidas, en los planos de fractura, se ha utilizado el método propuesto por F. ARTHAUD que soluciona la integración de datos microtectónicos en las deformaciones finitas mediante el uso de los *planos de movimiento* (véase ARTHAUD, 1969).

En el objeto de este trabajo se incluye la importancia de la integración de los datos obtenidos en el sistema de "decrochements" tardihercínicos propuesto en trabajos previos, corroborando una coherencia para el método aplicado.

Por último, es preciso resaltar la posibilidad de utilización de este método aplicado a los materiales de la cobertera posthercínica del E. de la Península, de manera que sea posible una comparación de la evolución póstuma de estas fracturas en relación con la deformación de la cobertera postpaleozoica y en la deformación posterior del mismo zócalo hercínico en una tectónica de horst-graben (fosas y zonas de relieve recientes).

## LOCALIZACION DE LA ZONA ESTUDIADA

Los afloramientos estudiados están enclavados en una franja transversal del Sistema Central Español, concretamente en el segmento oriental de la

Sierra de Gredos, entre Avila y Arenas de San Pedro. La elección de esta zona se basa en la homogeneidad de los materiales y la rigidez con que ha respondido a los esfuerzos sucesivos a que han estado sometidos, presentando en superficie una amplia red de fracturación y abundancia de planos con indicación del movimiento a lo largo de ellos.

En esta elección se ha tenido además en cuenta la posibilidad de disponer de un esquema de fracturación regional (fig. 1) y de conocer la posición estructural de los afloramientos observados dentro de la orogénesis hercínica.

Los materiales que componen los afloramientos estudiados son granitos tardíos (posteriores a las fases de deformación hercínica) y calizas metamórficas cuya edad es asimilada al Cámbrico Inferior (MARTÍN ESCORZA, 1970). Este criterio de edad es preciso basarlo además en la uniformidad del horizonte calcáreo del Cámbrico Inferior como nivel cronoestratigráfico y en la alineación de los afloramientos calcáreos estudiados con el eje sinclinal de Tamames (Salamanca).

## EL SISTEMA REGIONAL DE FRACTURACION

Una distribución general de las fracturas del área estudiada se ha establecido en la figura 1. En este esquema se han dibujado las líneas de fracturación del sector Avila-Arenas de San Pedro según determinación de uno de los autores (GARZON-HEYDT, 1972) y se ha completado con la fracturación en las áreas circundantes según una determinación de otro de los autores (R. V.) basada en un fotograma del satélite E. R. T. S.-1. Mediante este último procedimiento ha sido posible además continuar las fracturas de las áreas no cristalinas del SW del Sistema Central y además determinar una serie de lineaciones en las zonas de recubrimientos recientes.

A primera vista resalta en este esquema la continuidad de la Falla de Plasencia y el sistema de fallas paralelas cuya interpretación como décrochements senestros puede quedar suficientemente probado. El otro sistema dominante tiene una dirección cercana a N-S y presenta una clara inflexión hacia el Tajo y la meseta toledana.

## EL ANALISIS MICROTTECTONICO

El estudio cuantitativo de las deformaciones de fractura a la escala de la microtectónica ha sido abordado en escasas ocasiones para los materiales de los zócalos rígidos. Una determinación realizada en este sentido permite conocer la orientación de las direcciones de deformación para una fase de

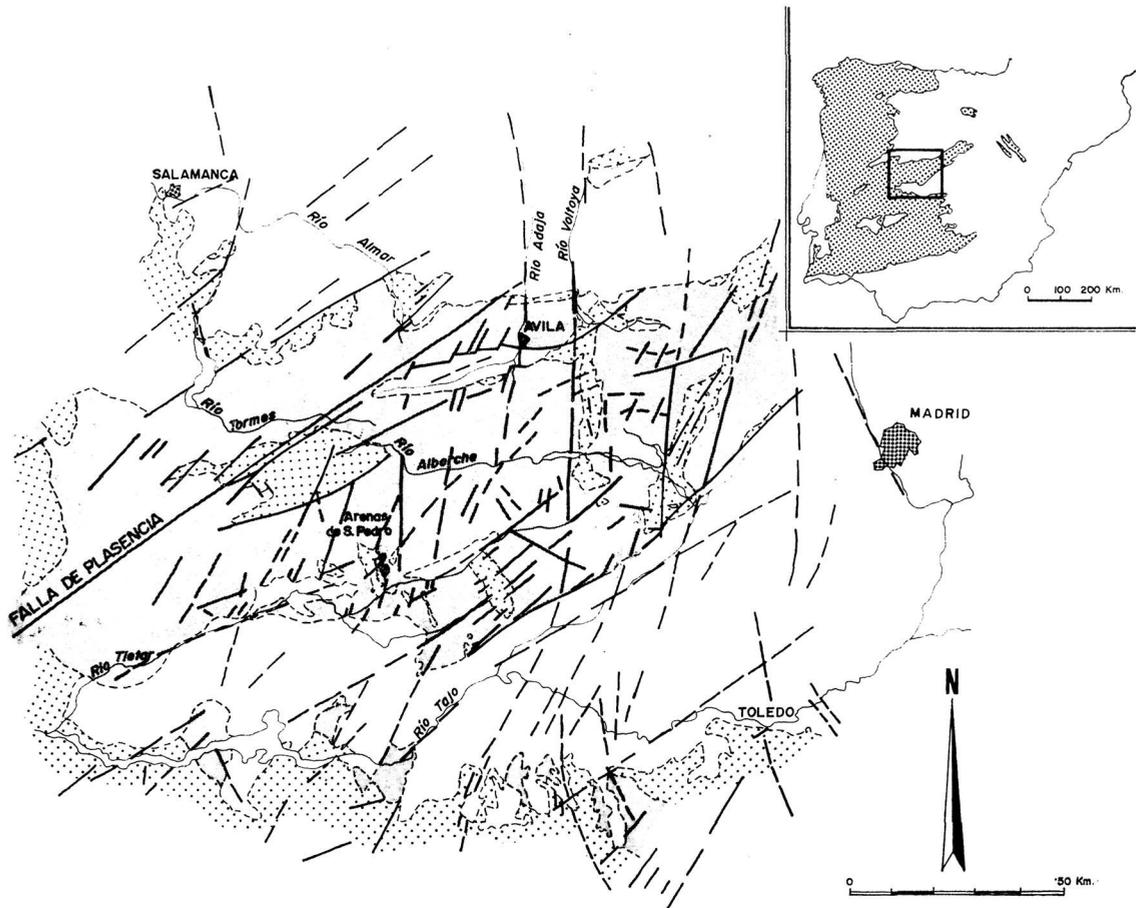


FIG. 1

*Esquema regional de la fracturación en el segmento de Gredos y áreas circundantes. Basado en determinaciones de M. G. GARZÓN-HEYDT (1972) y de R. VEGAS (en parte sobre fotogramas del ERTS-1). La base geológica en parte según R. BABIN VICH (1974); R. CAPOTE (1973); C. CASQUET (1973); J. M. FUSTER y A. MORA (1970); C. MARTÍN ESCORZA (1971); F. MORENO (com. pers.); M. PEINADO (1973). Ornamentación: rayas gruesas: fracturas (en trazo discontinuo bajo la cobertera); punteado grueso: rocas sedimentarias y metamórficas paleozoicas; sombreado gris: granitoides hercínicos s.l.; en negro: calizas de Arenas de San Pedro. Nótese la adaptación de los bordes del macizo de granítico y de los trazos de los ríos al sistema general de fracturas*

fracturación dada y establecer una correlación con las macroestructuras de la misma.

Con este objeto hemos emprendido el estudio de estrías en planos de fracturas en las rocas graníticas no afectadas por las fases de deformación plástica de edad hercínica (granodioritas s.l. tardihercínicas). Para contrastar los resultados se han medido además estrías y planos de microfracturas en las rocas carbonatadas de las proximidades de Arenas de San Pedro (calizas de Romperropas) cuya edad y significado geológico han sido expuestas anteriormente.

## LIMITACIONES Y DIFICULTADES EN LA APLICACION DEL METODO DE ANALISIS

La principal limitación en la aplicación de este método es la existencia de varias fases tectónicas. Como ya se ha indicado, este método se basa en las medidas de fallas y estrías fundamentales sobre planos anteriores o sincrónicos con la fase tectónica considerada. La superposición de otra fase lleva a la reutilización de estos planos, pero no en su totalidad con lo cual pueden confundirse con estrías debidas a otra falla.

En este estudio esta dificultad se ha solventado, teniendo únicamente en cuenta aquellas estrías de "pitch" próximo a la horizontal, suponiendo que todas ellas corresponden a una fase de compresión de eje Y vertical, y de edad tardihercínica, ya que todas ellas están relacionadas geoméricamente con las fallas de gran recorrido que atraviesan la región y que han sido consideradas de esta edad (PARGA, 1969; VEGAS, 1974 y 1975). Por tanto, las medidas se han realizado en planos donde las estrías presentaban un "pitch" entre 0° y 25°. Junto a ellas se observaron otras estrías de "pitch" vertical que parecen corresponder a una fase posterior responsable de la evolución morfotectónica reciente.

Otros problemas se han presentado al determinar el *sentido de movimiento* en los planos de fractura, pues no existe unanimidad en cuanto a los criterios que deben utilizarse. Esta dificultad se ve aumentada en las fracturas en rocas graníticas (y rocas no calcáreas en general) pues normalmente faltan los criterios utilizados habitualmente en trabajos recientes (TJIA, 1964, 1967, 1972; DZULINSKY y KOTLARCZYK, 1965). No obstante, en algunos sitios se ha podido determinar con exactitud, observando las recristalizaciones en cuarzo que indicaba la zona de distensión (PROUST *et al.*, 1974).

Por otra parte es necesario tener en cuenta al interpretar los diagramas que la existencia de grandes fallas puede crear líneas de fractura subordinadas (de segundo orden, MOODY y HILL, 1964).

## LA FRACTURACION EN LAS ROCAS GRANITICAS

Se han estudiado planos de fractura y microestructuras asociadas en los afloramientos graníticos que se encuentran, en la trinchera del Ferrocarril, debajo de las murallas de Avila y cerca de la Ermita de Sonsoles. En esta zona se han realizado 41 medidas, y al obtener los polos de los planos de movimiento (fig. 2 a), se ha observado una concentración de polos en el centro del diagrama, lo cual indica que la mayoría de los casos se tratan de fracturas de



crochements dextros y senestros caen dentro de una misma zona. No obstante en este diagrama se pueden separar dos sistemas de decrochements (fig. 2 c y fig. 2 d) en los que se pueden situar las direcciones de acortamiento, una N-S y otra con dirección  $80^\circ$ . La existencia de estas direcciones de acortamiento en un mismo sector, se pueden interpretar, o como debido a dos fases de deformación, o bien a una sola fase de deformación, pero que debido a la existencia de un accidente mayor se producen desviaciones dentro de la trayectoria de deformación (ANDERSON, 1951; RAMSAY, 1967) a causa de la creación de campos de esfuerzo adicionales. En el caso de la primera hipótesis esto justificaría el juego dextro de las fracturas del Jerte (UGIDOS, 1973).

### LA FRACTURACION EN LAS ROCAS CALCAREAS

Las rocas calcáreas estudiadas se encuentran en las proximidades de Arenas de San Pedro (fig. 1). En dichas calizas se distribuyen una serie de planos que muestran una estriación y donde la mayoría de los casos se puede determinar el sentido del movimiento con bastante exactitud. Los criterios utilizados para determinar el sentido se basan fundamentalmente en la observación de estilolitos, los cuales indican la dirección de compresión y su paso a estrías de disolución. Otro criterio utilizado es la observación de recristalizaciones de calcita que indican la zona de distensión. En dichos planos se han observado principalmente dos tipos de estrías, que en un principio parecen corresponder a dos fases distintas de deformación. Una de ellas presenta un "pitch" entre  $0^\circ$  y  $20^\circ$ , mientras que otras lo presentan casi vertical. En algunos sitios se han podido observar estos dos tipos de estrías superpuestas, apareciendo recristalizaciones de calcita dispuestas horizontalmente sobre las estrías verticales; lo cual puede indicar la existencia de movimientos posteriores debidos a una fase de deformación más reciente, y en la cual, el eje de acortamiento Z parece estar vertical (en general las fallas observadas son normales) con lo cual se correspondería con una fase de distensión que podría estar relacionado con la formación de cubetas terciarias. Nuestro estudio se ha referido fundamentalmente a las estrías de pitch próximo a la horizontal; se han realizado unas veinte medidas de estrías. Estas fracturas se han proyectado junto con las estrías para obtener el diagrama (fig. 3 a) con los polos de movimiento. En dicho diagrama se observa una concentración de polos en el centro (lo que indica que la mayoría de las fallas corresponden a decrochement) y dos coronas de dirección aproximada E-W y N-S. Los polos de dichas coronas se corresponden con los ejes X, Z (ya que Y es vertical y queda determinado por la intersección de las dos coronas) y para decidir su posición se ve la compatibilidad con el sentido de las estrías, obte-



comprobado así como la posibilidad de utilizar el método de análisis de microestructuras en tectónica frágil. Este método, pocas veces empleado en zócalos cristalinos ha sido además utilizado en rocas calcáreas que han sufrido la misma deformación frágil tardihercínica y la concordancia de los resultados aparece clara.

En cuanto a la interpretación regional las fracturas y sus representantes a la escala de microfracturas concuerdan con los esquemas más generales determinados previamente por PARGA (1969), JULIVERT *et al* (1972), VEGAS (1974, 1975), y ARTHAUD y MATTE (1975). Se confirma la existencia de esta red general de fracturas del zócalo hercínico, de amplio recorrido y que han funcionado como décrochements. En el caso del área estudiada estas líneas regmagénicas tienen además una gran importancia morfológica pues enmarcan los bloques elevados del Sistema Central.

Por otra parte la inflexión general de estas líneas de fractura (fracturas N-S y líneas próximas a E-W) respecto al resto de la Península puede ser debida al comportamiento reológico global de las masas cristalinas del Sistema Central frente a las áreas anquimetamórficas circundantes.

Dada la importancia de estas líneas regmagénicas en la evolución post-paleozoica de la plataforma hercínica sería de gran interés el conocimiento de estas fracturas en las áreas cubiertas por materiales mesozoicos en las cadenas celtibéricas.

#### BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, E. M. (1951): *The dynamics of faulting*. (2.<sup>a</sup> ed.) Oliver & Boyd.
- ARTHAUD, F. (1969): *Méthode de détermination graphique des directions de raccourcissement, d'allongement et intermédiaire d'une population de failles*. Bull. Soc. Géol. France, (7) 11, 729-733.
- ARTHAUD, F. y MATTE, P. (1975): *Late Hercynian wrench-faults in Southwestern Europe. Geometry and nature of the deformation*. Tectonophysics, 25, 139-172.
- BABIN VICH, R. B. (1974): *Materiales metamórficos y plutónicos presentes en la región de Piedrahita-Barco de Avila-Béjar*. Stvd. Geol., 7, 41-61.
- CAPOTE, R. (1973): *Estudio geoestructural de los afloramientos metamórficos del Norte de la Provincia de Avila*. Bol. Geol. Min., 84 (6), 422-437.
- CASQUET, C. (1973): *Metamorfismo plurifacial hercínico intermedio de Baja Presión en el Macizo de San Vicente (Sistema Central Español)*. Tesis Licenciatura, Univ. Complut. Madrid.
- DZULYNSKI, S. y KOTLARCZYK, J. (1965): *Tectoglyphs on slickensided surfaces*. Bull. Acad. Polon. Sci. (Géol.-Géogr.), 13 (2), 149-154.
- FUSTER, J. M. y MORA, A. (1970): *El carácter del metamorfismo en el macizo de la Cañada (Sistema Central Español)*. Est. Geol., 26, 317-321.

- GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C. (1958): *Excursión geológica por el Bloque de Piélago (Toledo-Avila)*. Not. Com. Inst. Geol. Min., 50 (1), 77-93.
- GARZÓN-HEYDT, M. G. (1972): *Estudio morfoestructural de la Sierra de Gredos en la transversal Avila-Sierra de San Vicente*. Tesis Licenciatura. Univ. Complut. Madrid.
- JULIVERT, M.; RAMÍREZ DEL POZO, J. y TRUYOLS, J. (1971): *Le reseau de failles et la couverture post-hercynienne dans les Asturies*. (in: *Histoire structurale du Golfe de Gascogne*). Ed. Technip.
- MARTÍN ESCORZA, C. (1971): *Estudio mesotectónico en los materiales metamórficos de los alrededores de Arenas de San Pedro (Prov. de Avila-Toledo)*. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (G), 37, 79-106.
- MOODY, J. D. y HILL, M. J. (1956): *Wrench fault tectonics*. Geol. Soc. America, Bull., 67, 1207-1246.
- PARGA, J. R. (1969): *Spätvariszische Bruchsysteme im Hesperischen Massiv*. Geol. Rundschau, 59 (1), 323-336.
- PEINADO MORENO, M. (1973): *Evolución metamórfica en el macizo El Escorial-Villa del Prado*, Tesis Doctoral, Univ. Complut. Madrid.
- PROUST, F.; TAPPONNIER, P. y PETIT, J. P. (1974): *Critères de sens de mouvement sur les miroirs de failles en roches non calcaires*. 2 Réunion. ann. Sc. Terre, Pont-à-Mousson, p. 320.
- RAMSAY, J. G. (1967): *Folding and fracturing of rocks*. McGraw-Hill Book Co.
- ROYO GÓMEZ, J. (1934): *Sobre la tectónica de los aluviones dados anteriormente como diluviales*. Bol. R. Soc. Española de Hist. Nat., 34, 82-83.
- TJIA, H. D. (1964): *Slickensides and fault movements*. Geol. Soc. Amer. Bull., 75, 683-686.
- (1967): *Sense of fault displacements*. Geol. Mijnbouw, 46, 392-396.
- (1972): *Fault movement, reoriented stress field and subsidiary structures*. Pacific Geol., 5, 49-70.
- UGIDOS, J. M. (1973): *Estudio petrológico del área Béjar-Plasencia (Salamanca-Cáceres)*. Tesis Doctoral, Univ. Salamanca.
- VEGAS, R. (1974): *Las fallas de desgarre del SO de la Península Ibérica*. Bol. Geol. Min., 85 (2), 153-156.
- (1975): *Wrench (transcurrent) fault system of the SW. Spain; paleogeographic and morphostructural implications*. Geol. Rundschau, 64 (1), 266-278.
- VIDAL BOX, C. (1937): *Ensayo sobre la interpretación morfológica y tectónica de la Cordillera Central en el segmento comprendido en la provincia de Avila*. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat., 37, 79-106.
- (1942): *La línea morfotectónica meridional de la Sierra de Guadarrama*. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat., 40, 117-132.

(Recibido el 3 - XI - 75)

(Aceptado el 2 - XII - 75)