

Relaciones entre fallas y sismicidad en el noroeste peninsular

Faults and seismicity in the Northwest part of the Iberian Peninsula

J.M. González-Casado y J. Giner Robles

Dpto. de Q.A., Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Madrid.

ABSTRACT

The statistical study of the post-hercynian cartographic faults of the Northwest part of Spain (Galicia) allow to precise the existence of three main fault sets; NE-SW, NW-SE and N-S, which controlled the topographic features in this area. The seismic epicentres in this region are related mainly with the NE-SW and N-S fault sets, which are, probably, the seismogenetic faults. The orientation of the stresses responsible for the seismic activity been deduced from the analyses of 16 earthquake focal mechanisms. The maximum horizontal compression direction is located NW-SE, then the NE-SW faults move as reverse faults, the NW-SE set as normal faults and the N-S as normal-oblique faults (sinistral).

Key words: Northwest Spain, faults, recent stresses, active structures.

Geogaceta, 28 (2000), 71-74
ISSN: 0213683X

Introducción

La esquina noroeste de la Península Ibérica (Fig. 1) está próxima al límite septentrional de la microplaca Ibérica, un límite que ha sido considerado tradicionalmente como poco activo. Sin embargo, existe una cierta actividad sísmica regional equivalente a la que se observa en otras zonas de intra-placa, recientemente se han desarrollado en la región varias crisis sísmica (p. ej. crisis sísmica de Sarria; 1995-1997) en las que se han producido sismos con magnitudes ligeramente superiores a 5 ($M=5,1$, 21-5-97), aunque la magnitud media de los sismos registrados se encuentra entre 3,2 y 3,4 (Herraiz *et al.*, 1998 y 2000), lo que ha aumentando de forma notable el valor de la sismicidad regional.

Desde el punto de vista geológico en esta zona aflora el basamento hercínico de la corteza ibérica, que está constituido mayoritariamente por rocas metamórficas con una estructura compleja, formada principalmente por pliegues y cabalgamientos, que cambian su traza desde NNE-SSW en la zona septentrional a NO-SE en la parte meridional de la zona estudiada, describiendo un arco. Estas rocas están cortadas por varias masas de rocas plutónicas que son especialmente abundantes hacia la

parte occidental. Además, en la región existen varias cuencas sedimentarias, algunas muy profundas, rellenas de materiales terciarios y cuaternarios (Fig. 1). Tradicionalmente, se ha asociado la génesis y el desarrollo de estas cuencas con el movimiento de las fallas del basamento, en los últimos años se han realizado numerosos trabajos de detalle sobre la evolución y génesis de estas cuencas (p. ej. Manera Bassa *et al.*, 1979; García-Aguilar, 1986; Monge Ganuzas, 1986; Bacelar *et al.*, 1988; Ferrus-Piñol, 1994; Santach, 1994; Marín Serrano *et al.*, 1996). Una característica notable de las rocas del basamento es la alta densidad de fracturas que presentan (Fig. 1), generalmente, a estas fracturas se les ha prestado poca atención y se les ha asignado una edad tardihercínica (ver, por ejemplo, hojas Magna), aunque es evidente que muchas de ellas se han formado o han actuado durante el ciclo alpino y recientemente, pues están asociadas con la apertura del Océano Atlántico, o con la formación de las cuencas y los relieves actuales. En este sentido hay que hacer notar que la región presenta un relieve muy complejo (bloques elevados, zonas deprimidas, zonas llanas, red fluvial fuertemente encajada en algunos sectores, etc.) que ha sido muy estudiado (p.ej. Marín Serrano, 1994;). En líneas

generales se puede concluir que la región experimento una elevación continua durante el Cenozoico (p.ej. Pagés, 1996) y que los bloques elevados de la zona oriental se pueden considerar como la terminación de los relieves del Pirineo (p. ej. Santach, 1994).

En este trabajo se tratará de relacionar la fracturación regional con la actividad sísmica regional reciente.

Método

El primer objetivo del trabajo consiste en establecer la posición exacta de las principales fracturas regionales, para valorar su posible actividad seismogénica. Para ello se han digitalizado todas las fracturas y fallas previamente cartografiadas en los trabajos geológicos publicados con anterioridad, principalmente en las hojas magna del ITGE (> 80 hojas). El criterio principal de selección de las fracturas ha sido que fuesen posteriores a las estructuras hercínicas y que estuviesen asociadas con el relieve o con las cuencas cenozoicas. De esta manera, aunque se elimina la posibilidad de analizar la reactivación de antiguas estructuras hercínicas, se puede precisar que las estructuras consideradas tienen un cierto carácter reciente (alpino). También se han digitalizado los contornos de todas las cuencas rellenas de materiales cenozoicos, sepa-

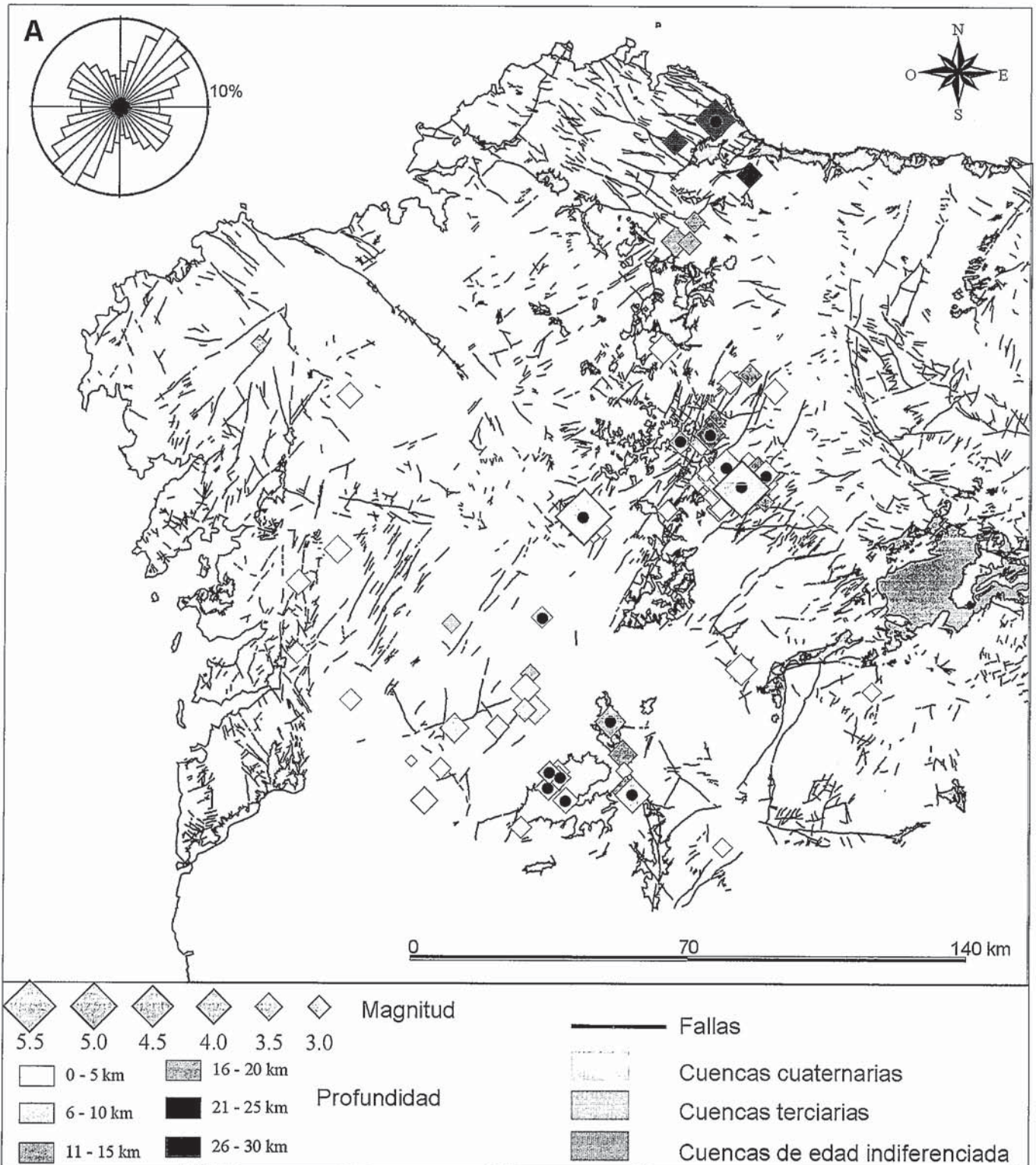


Fig. 1.- Localización de las principales fallas cartográficas en el noroeste peninsular y mapa de localización de epicentros. A. Rosa de orientaciones de las trazas de las fallas. Se muestran también las profundidades y magnitudes sísmicas.

Fig. 1.- Location of main cartographic faults in the northwest part of the Spanish Peninsula and epicentral location map. A. Fault frequency trend diagram. The magnitude and hypocentral depth are also showed.

rando, cuando ha sido posible, las que están rellenas principalmente de materiales neógenos de aquellas otras donde dominan las rellenos cuaternarios (Fig. 1). La digitalización se ha realizado en coorde-

nadas UTM (huso 30). Por otro lado, se ha confeccionado una base de datos con las posiciones de todos los epicentros acaecidos en esta región, para ello se han utilizado los datos de sismicidad regional

del IGN y de otras fuentes. Mediante un programa de análisis del terreno, se han superpuesto ambas capas de información, localizándose los sismos que quedan superpuestos o en las proximidades de las

estructuras indicando el carácter sismo-genético de éstas.

Para establecer el estado de esfuerzos actual, se ha calculado un diagrama de diedros rectos sintético a partir de los mecanismos focales de terremotos de esta zona. La comparación entre la orientación de los esfuerzos principales y las fallas permitirá deducir, en cierta medida, el movimiento teórico de estas.

Resultados

1) Orientaciones de Fracturas:

El análisis estadístico de las fallas permite establecer la existencia de tres orientaciones principales (Fig. 1A), que por orden de importancia son NE-SO, NO-SE y N-S, cada una de estas familias tiene las siguientes características:

a) Familia NE-SO: Son las fallas que aparecen más representadas en la cartografía regional, muchas de ellas cruzan los relieves de la zona elevada de los Ancares y la Sierra del Caurel. Estas falla limitan y están asociadas con la mayoría de las cuencas cenozoicas de la parte oriental de la región estudiada. Este control estructural es especialmente notable en las cuencas terciarias del occidente asturiano. También controlan algunos bloques elevados, como por ejemplo, el bloque de Ortegal.

b) Familia NO-SE: Es la segunda orientación en importancia desde el punto de vista estadístico. Esta familia de fracturas esta asociada con el desarrollo de pequeñas, pero profundas, cuencas terciarias de tipo "pull-apart". Monge-Ganzuzas (1986) y Santanach (1996) asocian el desplazamiento dextrorso de estas fallas con el desarrollo de las cuencas terciarias. Estas fallas están especialmente bien representadas en el bloque de Ortegal donde limitan además esta zona elevada por el sur (Fig. 1). Generalmente tienen una gran continuidad lateral, pudiendo seguirse su traza a lo largo de muchas decenas de kilómetros.

c) Familia N-S: Estas fallas son, aparentemente, menos abundantes, no obstante cerca de la costa occidental de Galicia, se localizan largas estructuras N-S, que se prolongan hacia Portugal. Algunas de ellas controlan aparentemente el desarrollo de pequeñas cuencas cenozoicas (Fig. 1). Más hacia el interior algunas cuencas, como la de Verín, también están asociadas con estas estructuras.

2) Relaciones entre epicentros y fallas:

Las alineaciones de epicentros y sus relaciones de proximidad con el traza-

do de las fallas parecen indicar que los epicentros se localizan fundamentalmente en relación con las familias de fallas orientadas NE-SO y en menor medida con las N-S, no se observan alineaciones claras con el trazado de las grandes fallas NO-SE. Relaciones similares entre familias de fallas NE-SO y epicentros se han citado también para el extremo NO de la Cuenca del Duero (p. ej. García Prieto *et al.*, 1991).

3) Análisis de mecanismos focales.

Para poder determinar la orientación de los ejes principales del tensor de esfuerzos actual, se han calculado los diagramas de diedros rectos (Angelier y Mechler, 1977) de los 9 mecanismos focales de terremotos publicados con anterioridad para esta región (Herraiz *et al.*, 1998) y de otros 7 nuevos, el diagrama que representa la suma de todos ellos se muestra en la Fig. 2. En ella se puede observar como la dirección de máxima compresión horizontal se orienta NO-SE (aprox. N150°E) y la dirección de máxima extensión horizontal ENE-OSO. La orientación subhorizontal del eje de máxima compresión así como, la disposición de las áreas en compresión y tensión en el diagrama, indican un régimen de tipo transcurrente.

Discusión y conclusiones

La localización de epicentros, pese a las incertidumbres que conlleva su localización, y su relación con las fallas cartografiadas en el noroeste peninsular pone en evidencia la inexistencia de grandes alineaciones de epicentros, no obstante se puede observar una cierta relación de proximidad entre las estructuras orientadas NE-SO y los epicentros y en menor medida, esta relación también existe con las estructuras N-S. Sin embargo estas relaciones no son tan evidentes en relación con la estructura NO-SE. Por consiguiente, las dos primeras orientaciones podrían representar las zonas potencialmente sismogénicas.

Las orientaciones de los ejes principales del elipsoide de esfuerzos indicarían, que las fallas NE-SO, dada su disposición casi ortogonal con la orientación de la máxima compresión horizontal actuarían como fallas inversas, mientras que dado el paralelismo entre la máxima compresión horizontal y las fallas de la familia NO-SE, estas deberían actuar, si son activas, como fallas normales. Las fallas de la familia N-S deberían mostrar unos movimientos de tipo direccional normal.

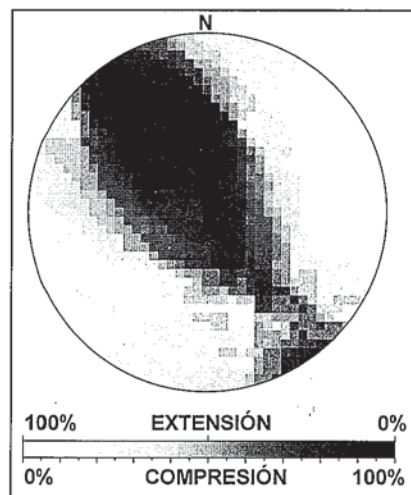


Fig. 2.- Diagrama de diedros rectos obtenido a partir de 16 mecanismos focales de terremotos. Nótese la dirección de máxima compresión horizontal con disposición NO-SE.

Fig. 2.- Right dihedral diagram obtained adding the know 16 focal mechanisms of this region. The maximum horizontal compression direction is NW-SE.

Agradecimientos

Los autores agradecen a G. De Vicente y A. Muñoz sus sugerencias, comentarios y la ayuda prestada para la realización de este trabajo.

Referencias

- Angelier, J. y Mechler, P. (1977): *Bull. Soc. Géol. de France*. 7: 1309-1318.
- Bacelar, J., Alonso, M., Kaiser, C., Sánchez, M., Cabrera, L., Saez, A. y Santanach, P. (1988): *II Congr. Geol. España, Granada*, Simposios: 113-121.
- Ferrus-Piñol, B. (1994): *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*. 19: 73-89.
- García Prieto, F.J., Moreno, F y Nozal, F. (1991): *Neotectonics and associated seismicity in the Northwestern Duero Basin*. Monografías IGN, N°8, p. 255-267.
- García-Aguilar, J.M. (1986): *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*. 11: 37-49.
- Herraiz, M., De Vicente, G., Lindo-Naupari, R., Giner, J., Simón, J.L., González-Casado, J.M., Vadillo, O., Rodríguez-Pascua, M.A., Cicuéndez, J.I., Casas, A., Cabañas, L., Rincón, P., Cortés, A.L., Ramírez, M. y Lucini, M. (1998): *Proyecto Sigma: Análisis del estado de esfuerzos tectónicos, reciente y actual en la Península Ibérica*, Consejo de Seguridad Nuclear, Madrid, 240 pp.

- Herraiz, M., De Vicente, G., Lindo-Ñaupari, R., Giner, J., Simón, J.L., González-Casado, J.M., Vadillo, O., Rodríguez-Pascua, M.A., Cicuéndez, J.I., Casas, A., Cabañas, L., Rincón, P., Cortés, A.L., Ramírez, M. y Lucini, M. (2000): *Tectonics*, 19, 762-786.
- Manera Bassa, A. Barrera Morate, J.L., Cabalgaría, J.M. y Bacelar, J. (1979): *Bol. Geol. y Mine.*, 95: 452-461.
- Marín Serrano, A. (1994): *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*. 19: 37-55.
- Marín Serrano, A., Mediavilla, R. y Santisteban, J.I. (1996): North-western Cainozoic record: present knowledge and the correlation problem. In *Tertiary basins of Spain: the stratigraphic record of crustal kinematics*. Eds. P.F. Friend, C. J. Dabrio Cambridge University Press. 237-246.
- Monge Ganuzas, C. (1986): *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*. 11: 51-67.
- Pagés, J.L. (1996): *La cuenca de Xallas y su entorno. Evolución cenozoica del relieve en el Oeste de la provincia de La Coruña*. Tesis Doctoral, 300 pp.
- Santach, P. (1994): *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*. 19: 57-72.