Condicionantes estructurales para el desarrollo del karst en los alrededores del Sistema Central español

Structural control on karst development around the Spanish Central Range

J. Barea [1], J. López-Martínez [1] y J.J. Durán [2]

[1] Dpto. Química Agrícola, Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Madrid.
[2] Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.

ABSTRACT

The analysis of the orientation of 870 underground galleries from 35 caves and 668 fractures and other lineaments in seven karstic massifs around the Spanish Central Range points out a significative structural control of the endo- and exokarstic morphologies. The karstic galleries in the studied region show a dominant N135-165E trend, very similar to the orientation of the measured fractures and lineaments in the exokarst (N120-150E), and a secondary maximum at N90E.

Key words: Karst, redes endokársticas, fracturación, lineamientos, Sistema Central.

Geogaceta, 31 (2002), 43-45
ISSN:0213683X

Introducción

Los macizos kársticos existentes en las vertientes norte y sur del Sistema Central español están constituidos por rocas sedimentarias carbonáticas del Cretácico y se distribuyen en dirección NE-SO, formando una franja alargada y discontinua de 120 km en el borde meridional y 112 km en el lado norte de la cadena (Barea, 2001). Los citados macizos presentan, en general, una disposición estructural subhorizontal, a veces con pliegues de gran radio, o bien formando cuestas monoclinales con buzamientos moderados, aunque en ocasiones superan los 30°.

Es conocido que uno de los factores que condicionan el desarrollo de la morfología kárstica es la estructura geológica (ej. Jenings, 1985; Ford y Willians, 1989), habiendo sido estudiada dicha relación en diversos macizos kársticos españoles y extranjeros (ej. Benavente y Sanz de Galdeano, 1985; López-Martínez, 1986). En el presente trabajo se analizan las relaciones existentes entre ambos aspectos en el caso de los macizos kársticos existentes en ambos bordes del Sistema Central. El estudio de la fracturación y de los lineamientos en general se ha abordado mediante la interpretación de fotografías aéreas a escala 1:30.000, la medición de fracturas en el campo y el análisis de las direcciones de las galerías del endokarst representadas en las topografías de las cavidades.

Características morfoestructurales de los macizos kársticos

El relieve actual del Sistema Central se formó durante el Mioceno superior, debido a las fuerzas transmitidas hacia el interior de la Península Ibérica desde el margen Bético (la denominada fase Guadarrama por Capote *et al.*, 1990). Durante este evento tectónico, las fallas orientadas según la dirección NE-SO actuaron como importantes fallas inversas, que limitan grandes bloques observables en sectores como Tamajón, Muriel, Prádena o Pedraza (Fig. 1). Las fracturas orientadas N140°E y N20°E actuaron como fallas de transferencia de las anteriores (De Vicente *et al.*, 1994). Tras ello se produjo un cambio en el estado de esfuerzos en la región, formándose nuevas discontinuidades, fundamentalmente fallas normales orientadas N-S (fase Torrelaguna de Capote *et al.*, 1990). Durante este periodo se produjo también la reactivación de las discontinuidades preexistentes (Giner, 1996). Este fenómeno se ha prolongado durante el Cuaternario, habiendo sido apreciado en el endokarst de la región por la existencia de deformaciones en depósitos endokársticos de cavidades del borde sur y borde norte de la cadena (Torres *et al.*, 1995; Barea *et al.*, 1999).

El desarrollo y evolución del karst de la región se ha visto condicionado, en gran medida, por la estructura de los macizos kársticos. Las formas exokársticas son relativamente modestas en tamaño y variedad. Así, las exoformas más significativas y mejor desarrolladas en la zona estudiada son las incisiones fluviokársticas (cañones y barrancos), formadas a favor de las directrices estructurales locales, fundamentalmente de orientación N-S. También existen, en zonas donde el karst no está cubierto, lapiaces de tipo oqueroso, con *kamenitzas* y perforaciones cilindroideas. Otras formas, como los relieves ruiniformes, dolinas, torcas y bogaces son menos abundantes y se concentran principalmente en los macizos de Tamajón, Prádena o el cañón del río Riaza (Barea, 2001).

Relación entre la fracturación y el desarrollo del karst

En la Fig. 1 se muestran, representados mediante rosas de orientación, las direcciones de la fracturación y de los lineamientos medidos en 7 macizos kársticos situados en las vertientes norte (2) y sur (5) del Sistema

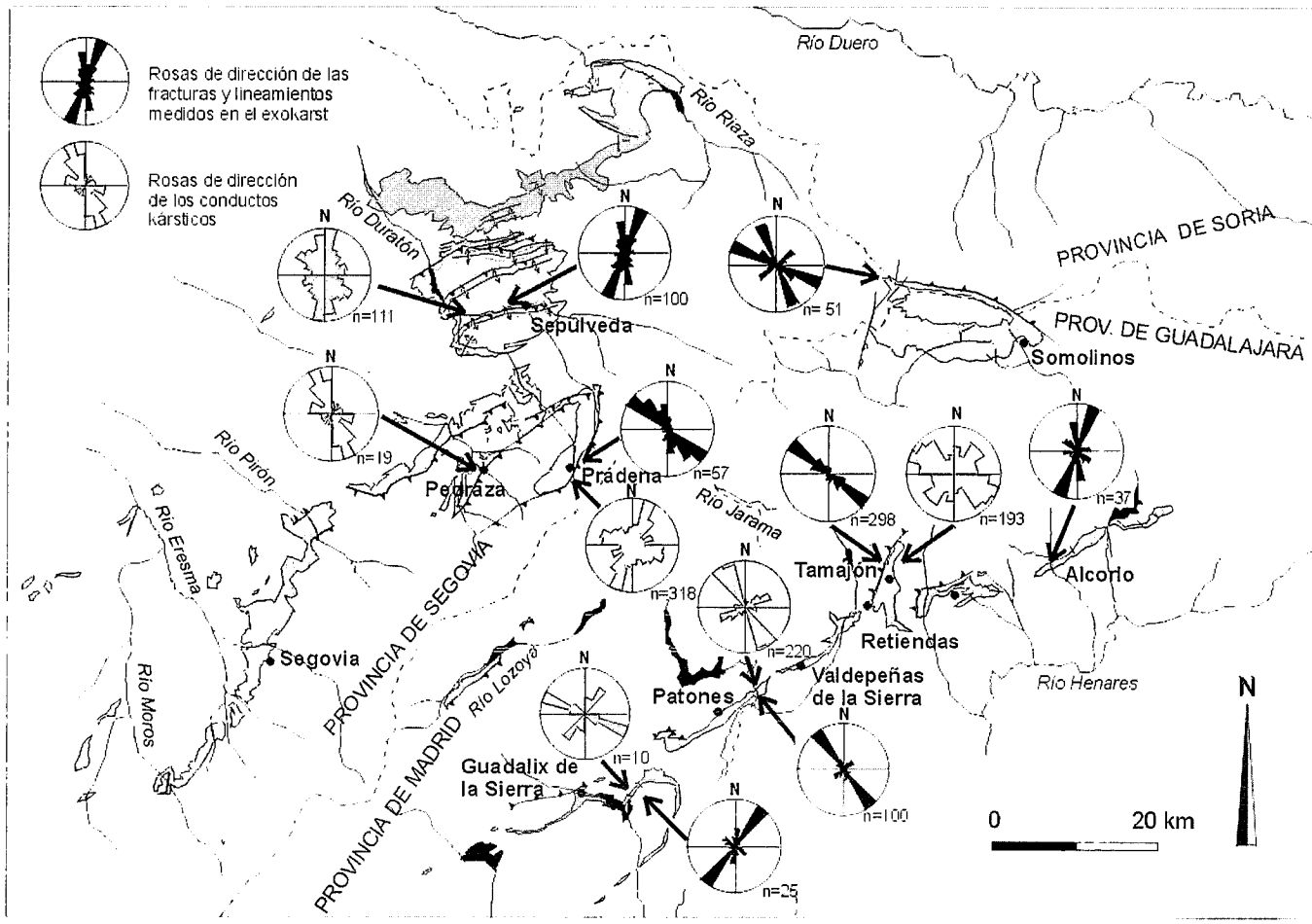

Fig. 1.- Situación de los macizos kársticos situados en los bordes norte y sur del Sistema Central español y rosas de orientación de la fracturación y los lineamientos en el exokarst (trama más oscura) y de los conductos endokársticos (trama gris). Los círculos exteriores representan valores entre el 18% y el 22%, la clase en todos ellos es de 15° y n es el número de medidas.

Fig. 1.- Location of the karstic massifs in the northern and southern sides of the Spanish Central Range and rose diagrams of fractures and lineaments in the exokarst (dark areas) and endokarstic networks (grey areas). External circles represent values between 18 and 22%, classes are always 15° and n is the number of measurements

Central. En total se han representado 668 lineamientos y fracturas visibles en superficie, además de 870 conductos kársticos correspondientes a 35 cavidades repartidas en los diferentes macizos estudiados. A continuación se detallan, por macizos, los resultados obtenidos:

-Macizo de Guadalix de la Sierra: la mayoría de las fracturas y lineamientos presentan orientación N30°-45°E, existiendo dos familias secundarias entre N0°-15°E y N105°-130°E. Los conductos endokársticos presentan una orientación principal N105°-120°E y otra secundaria N30°-45°E.

-Macizo de Patones-Cerro de la Oliva: los lineamientos medidos en los alrededores de la presa del Pontón de la Oliva revelan una dirección predominante N130°-150°E y una segunda, de menor entidad, N40°-60°E. El endokarst se ha desarrollado siguiendo directrices estructurales similares, N135°-150°E y N55°-75°E, apareciendo este último intervalo mejor representado que en superficie.

-Macizo de Retiendas-Valdepeñas de la Sierra: se han reconocido dos familias diferentes de fracturas, la más importante de dirección N140°E y otra, secundaria, N-S.

-Macizo de Tamajón: la mayoría de las fracturas medidas en el exokarst tienen dirección N120°-130°E. Los conductos kársticos, por su parte, se agrupan en dos familias: la principal, de dirección N105°-135°E, y otra secundaria, con dirección N30°-60°E.

-Macizo de Alcorlo: los 37 lineamientos medidos en la proximidad de la presa de Alcorlo permiten diferenciar dos familias principales, la más importante con orientación N10°-30°E, y la segunda N165°-180°E.

-Macizo de Somolinos: las fracturas medidas evidencian la existencia de dos familias de discontinuidades, una principal N100°-120°E, y otra secundaria N150°-170°E.

-Macizo de Prádena: las fracturas y lineamientos medidos en superficie se orientan principalmente en el intervalo N110°-130°E, mientras que el endokarst se ha desarrollado a favor de la dirección N15°-30°E y, en menor medida, hacia N105°-120°E.

-Macizo de Pedraza: se han medido, fundamentalmente en el denominado Miembro Dolomías de Montejo, dos familias de discontinuidades, una principal N100°-110° E y otra secundaria N150°-160°E. Las orientaciones de los conductos subterráneos se distribuyen preferentemente hacia N150°-165°E y, con menor importancia, hacia N90°-115°E.

-Cañón del río Duratón: se han medido dos familias de lineamientos: una en el intervalo N10°-30°E, y otra menos importante N165°-185°E. Las cavidades se han desarrollado preferentemente en la

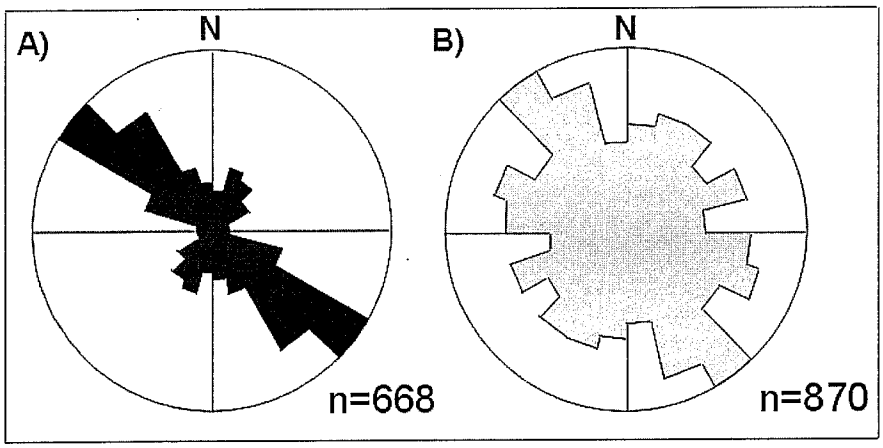

Fig. 2.- Rosas de orientación del total de las fracturas y de los lineamientos medidos en el exokarst (A), así como de los conductos del endokarst (B), en los macizos kársticos de los bordes norte y sur del Sistema Central. Los círculos representan el 22%; las clases son de 15° y n es el número de medidas.

Fig. 2.- Rose diagrams of all the measured fractures and lineaments in the exokarst (A), and the endokarstic networks (B), in the karstic massifs of the northern and southern sides of the Spanish Central Range. Circles represent 22%, classes are 15° and n is the number of measurements.

dirección N0°-15°E y, en menor medida, hacia N120°-135°E.

Análisis conjunto de la fracturación, los lineamientos y los conductos kársticos

El análisis conjunto de las direcciones de la fracturación y de los lineamientos de los macizos kársticos y de las orientaciones de las galerías del endokarst permite realizar algunas consideraciones. Las medidas superficiales evidencian dos direcciones predominantes, una principal según el intervalo N120°-150°E, con un máximo muy marcado hacia N120°-135°E y otra secundaria según N15°-45°E, con un máximo en N15°-30°E (Fig. 2). Los conductos endokársticos se disponen preferentemente en tres intervalos: el principal según N135°-165°E, con un máximo hacia N135°-150°E y dos secundarios según N105°-120°E y N15°-45°E (Fig. 2). Se aprecia, por lo tanto, que la fracturación y los lineamientos medidos en la superficie de los macizos kársticos de los bordes del Sistema Central presentan una relativa similitud con las orientaciones presentes en el endokarst. Ello permite que, mediante el análisis de las discontinuidades existentes en superficie, puedan deducirse, en cierto modo, las direcciones preferentes para el desarrollo del endokarst de cada sector, en particular dado que las cavidades en la zona presentan profundidades moderadas.

Las direcciones preferentes de la fracturación y de los lineamientos en los macizos kársticos (N120°-150°) son subparalelas a la dirección de máximo acortamiento horizontal que produjo la elevación del Sistema Central y cuya orientación varía entre N150°-160°E (Sánchez Serrano, 1991; De Vicente *et al.*, 1994; Giner *et al.*, 1994). La fracturación ha jugado un papel importante en el desarrollo del endokarst, al constituir direcciones preferentes para la actuación de los procesos de disolución. El análisis de los datos recogidos en cavidades así lo pone de manifiesto, revelando una notable correlación entre las orientaciones de las fracturas y la orientación de las galerías, con un máximo para ambos en el intervalo N135°-165°E y un máximo secundario según N15°-45°E.

Conclusiones

Con los datos obtenidos, se pone de manifiesto que los lineamientos medidos en los macizos kársticos situados en los bordes norte y sur del Sistema Central se agrupan preferentemente en la dirección N120°-150°E, variando ligeramente de unos macizos a otros. Los mencionados lineamientos son, por lo tanto, subparalelos a la dirección de máximo acortamiento horizontal que produjo la elevación del Sistema Central. Estas discontinuidades han jugado un papel muy importante en el desarrollo del karst de la región, al constituir direcciones preferenciales para la karstificación. Se aprecia que los conductos subterráneos se agrupan en el intervalo N135°-165°E, con un máximo secundario en torno a N90°E, prácticamente coincidente con los lineamientos medidos en el exokarst. Los mencionados paralelismos ponen de manifiesto el marcado control estructural existente para el desarrollo del karst en los bordes norte y sur del Sistema Central español.

Agradecimientos

El presente trabajo se ha realizado en el marco del proyecto PB97-1267-CO3-02 de la Dirección General de Investigación Científica y Técnica. Es también una contribución del Grupo Español de Trabajo del Proyecto 448 del Programa Internacional de Correlación Geológica (IGCP).

Referencias

Barea, J. (2001): *Tesis Doctoral.* Univ. Complutense de Madrid. 267 p. (Inédita).

Barea, J., Durán, J.J., Giner, J., González Casado, J.M. y López-Martínez, J. (1999): En Andreo, B., Carrasco, F. y Durán, J.J. (Eds.). *Contribución del estudio científico de las cavidades kársticas al conocimiento geológico*, 57-64. Patronato de la Cueva de Nerja. Málaga.

Benavente, J. y Sanz de Galdeano, C. (1985): *Est. Geol.*, 41, 177-188.

Capote, R., De Vicente, G. y González Casado, J.M. (1990): *Geogaceta*, 7, 20-22.

De Vicente, G., González Casado, J.M., Calvo, J.P., Muñoz Martin, A., Giner, J. y Rodríguez Pascua, M. (1994): *Cuad. Lab. Xeol. Laxe,* 19, 175-190.

Ford, D. y Willians, P. (1989): *Karst geomorphology and hidrology.* Unwin Hyman. London. 601 p.

Giner, J.L. (1996): *Tesis Doctoral.* Univ. Complutense de Madrid. 268 p. (Inédita).

Giner, J.L., De Vicente, G. y González Casado, J.M. (1994): *Cuad. Lab. Xeol. Laxe,* 19, 191-202.

Jenings, J.N. (1985): *Karst Geomorphology.* Basil Blackwell. Oxford. 293 p.

López-Martínez, J. (1986): *Est. Geol.*, 43, 217-225.

Sánchez Serrano, F. (1991): *Tesis de Licenciatura.* Univ. Complutense de Madrid. 198 p. (Inédita).

Torres, T., Cobo, R., García Alonso, P., Grün, R., Hoyos, M., Juliá, R., Llamas, J. y Soler, V. (1995): *Geogaceta*, 17, 46-48.