

La extensión cretácica en la Cuenca de Cameros: resultados del análisis estructural de grietas de cuarzo y del estudio de inclusiones fluidas

Cretaceous extension in the Cameros Basin (NW Iberian Chain): structural analysis of quartz-filled tension gashes and study of fluid inclusions

M.P. Mata Campo (*), A. Gil Imaz (*), A. Casas Sainz (*), A. Pocoví Juan (*) y A. Canals (**)

(*) Dpto. de Geología. Univ. Zaragoza. Pza. de San Fco. s/n. 50009 Zaragoza

(**) Dpto. de Cristalografía, Mineralogía y Depósitos minerales. Fac. de Geología. Univ. Barcelona. Martí i Franqués s/n. 08028 Barcelona

ABSTRACT

The tectonothermal evolution of the Lower-Cretaceous Cameros basin is characterized from the analysis of dimensions and orientation of quartz-filled tension gashes and study of fluid inclusions within them. In the four sites studied in the eastern part of the basin the direction of tension gashes is N120E and most of them are perpendicular to bedding, what allows to relate them with synsedimentary extension. Local extension determined from thickness of quartz veins varies from 2 to 12%, with the lowest extension rates in strata where ductile boudinage linked to pseudo-cleavage development in incompetent beds occurs. Paleotemperatures obtained from the study of primary fluid inclusions indicate a variation of 30° C (80° C with pressure correction) between the bottom and top of the Urbion Group, separated by 2.500 m of stratigraphic thickness. From these data it can be inferred that (1) the present-day north-dipping geometry of beds is not a syn-sedimentary feature but was acquired during the Tertiary inversion and (2) the geothermal gradient was normal during the syn-rift stage.

Key Words: Tension gashes, very low-grade metamorphism, fluid inclusions, Cameros basin, lower Cretaceous extension.

Geogaceta, 20 (4) (1996), 893-896
ISSN: 0213683X

Introducción

La Cuenca de Cameros se desarrolló en la parte NO de la Cordillera Ibérica (Fig. 1). Representa una cuenca extensional de edad Jurásico superior-Cretácico inferior, rellena con más de 8 km de sedimentos fluvio-lacustres en facies «Purbeck-Weald». Estos materiales han sido divididos en 5 grupos litoestratigráficos (Tischer, 1966) y 6 secuencias de depósito (Mas *et al.*, 1993). Constituye un interesante ejemplo de evolución tectonotérmica dentro del conjunto de cuencas mesozoicas de la Cordillera Ibérica. Posteriormente a la etapa extensional, tuvo lugar un metamorfismo de enterramiento cuyo clímax está datado entre los 100-108 m.a. (Golberg *et al.*, 1988; Casquet *et al.*, 1992), puesto de manifiesto por la paragénesis cloritoide/moscovita/paragonita. Guiraud (1983) relaciona el evento tér-

mico con el proceso de adelgazamiento cortical ligado a la formación de la cuenca en un régimen de «pull-apart». Por su parte Casquet *et al.* (1992) lo consideran provocado por fluidos hidrotermales canalizados a través de una zona de fractura paralela al eje central de la cuenca. Con posterioridad a la extensión y antes del pico térmico tiene lugar la formación de pliegues laxos y esquistosidad de plano axial (Casas Sainz y Gil Imaz, 1996). Una segunda etapa compresiva, de edad Oligoceno-Mioceno, provoca la inversión total de la Cuenca mediante un cabalgamiento de zócalo con un desplazamiento horizontal de 25 Km (Casas Sainz, 1992).

En este trabajo se combina el análisis dimensional y direccional de grietas de tensión rellenas de cuarzo ligadas a la etapa extensional, con el estudio microterмомétrico de las inclusiones fluidas primarias atrapadas en el interior de mono-

cristales de cuarzo. Desde este punto de vista se intenta relacionar los procesos extensionales ligados a la etapa de formación de la cuenca con sus condiciones geotérmicas.

Metodología

En un total de 8 estaciones repartidas por el sector central y oriental de la Cuenca de Cameros (Fig. 1) se han tomado datos referentes tanto a la orientación de grietas de extensión como a la relación de espesores entre éstas y la roca intacta situada entre ellas. Estas medidas han sido realizadas en la dirección perpendicular a las superficies de las grietas y paralela al plano de estratificación. A partir de estos datos se han determinado direcciones y magnitud de extensión para los cuatro sectores considerados (Fig. 1). Las medidas han sido realizadas en los niveles competentes (areniscas cuarcíticas y li-

molitas) del tramo medio del Grupo del Tera (estación GR4), Grupo del Urbión (YA1, YA2, YA3, YA4 y GR2), base del Grupo de Enciso (YA5) y parte basal del Grupo de Oliván (GR2). Desde el punto de vista estructural las grietas se localizan tanto en flancos de pliegues sinquistosos cretácicos (estación GR4) como de pliegues post-esquistosos de edad terciaria.

Las estimaciones de paleotemperaturas se han llevado a cabo con técnicas microtermométricas aplicadas a inclusiones fluidas presentes en monocristales de cuarzo que, en algunos casos, superan los 15 cm de arista. En todos los casos se trata de inclusiones primarias situadas en bandas de crecimiento o formando nubes en la base de los monocristales.

Discusión de los resultados

Datos estructurales

A excepción de la estación situada en el flanco occidental del anticlinal sinquistoso del Pégado, estación (GR-4), donde las grietas forman un ángulo máximo de 60° con la estratificación, en el resto de los puntos analizados la relación de perpendicularidad entre grietas y estratificación apoya la idea de su relación con la etapa extensional que dió lugar a la cuenca sedimentaria (Guiraud, 1983) y, por tanto, su origen previo a las dos etapas de plegamiento compresivo. Su orientación, con una dirección media en torno a los 120°E, es constante en los tres sectores (Fig. 2).

La magnitud de la extensión determinada para estratos individuales por la relación $(\Sigma E_g / \Sigma E_m) \times 100$ (donde ΣE_g / ΣE_m es el espesor de la grieta y E_m el espesor de la porción de roca entre dos grietas consecutivas) presenta valores que varían entre el 2% y el 12% (Fig. 2). En detalle, para una misma estación existen importantes variaciones de la tasa de extensión para distintos estratos. En los estratos de la parte basal del Grupo del Urbión, en el corte de Yanguas-Enciso, la extensión (de muro a techo de la serie) presenta valores del 4%, 2%, 12%, 7% y 5%. En la zona de Cornago-Igea (estaciones GR2 y GR3) la tasa de extensión varía entre el 7% y el 10% y en el flanco occidental del anticlinal del Pégado alcanza un valor del 12%. La comparación de estos datos cuantitativos con aspectos estructurales permite realizar interpretaciones relativas al reparto de los mecanismos causantes de la deformación en la etapa extensional. Desde este punto de vista cabe señalar la presencia de *boudinage* en

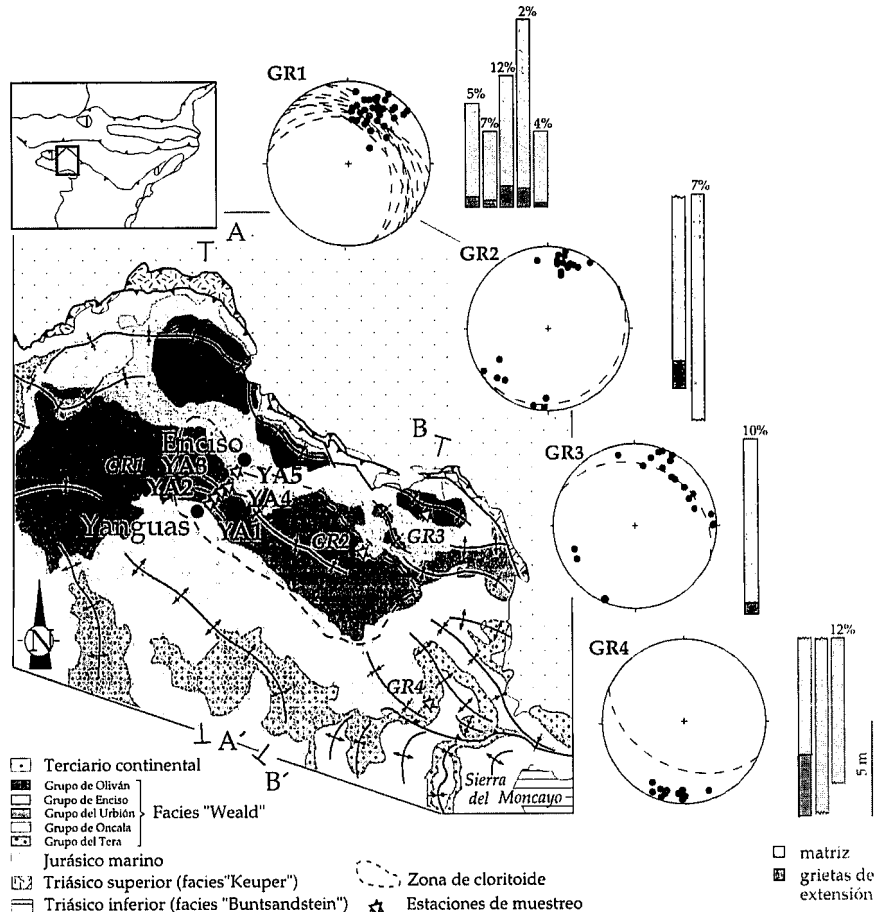


Fig. 1.- Mapa geológico simplificado del sector NE de la Cuenca de Cameros con la localización de las estaciones analizadas. En los estereogramas se representan los polos de las grietas de extensión (círculos negros) y la estratificación (ciclográficas discontinuas) para los distintos sectores considerados. Los histogramas reflejan el porcentaje de extensión obtenida a partir de las medidas realizadas en el campo.

Fig.1.- Simplified geological map of the northeastern sector of the Cameros basin with the location of the analyzed sites. The stereoplots show the poles of tension gashes (black circles) and the bedding surfaces (great circles in broken lines) for all the considered sectors. The histograms show the extension rate obtained from the measures carried out in the field.

capas competentes asociado al desarrollo de «pseudoesquistosidad» en los niveles más incompetentes del sectores del río Cidacos donde se ha obtenido la menor proporción de extensión (Fig. 3). Este hecho sugiere que en las partes más profundas de la cuenca, con mayor potencia de serie sedimentaria, el mecanismo de *boudinage* acomoda mayor proporción de extensión respecto a otros mecanismos de creación de estructuras tales como grietas de extensión.

Datos microtermométricos

A temperatura ambiente se han distinguido tres tipos de inclusiones. Dentro del Tipo I se agrupan inclusiones bifásicas constituidas por un líquido acuoso y una fase vapor, con morfologías regulares e irregulares de tamaño entre 40 y 5

µm, y con una relación volumen vapor respecto al volumen total de la inclusión entre 0,9 y 0,7. El Tipo II son inclusiones trifásicas constituidas por un líquido acuoso, una burbuja de vapor y un líquido carbónico. El porcentaje del volumen ocupado por la burbuja de vapor y el líquido carbónico respecto al volumen total de la inclusión es similar al de las inclusiones del Tipo I. Su morfología es regular y el tamaño raramente supera los 25µm. El Tipo III consta de inclusiones bifásicas con un líquido cuyo índice de refracción da tonalidades oscuras, y una burbuja de vapor. Su morfología y tamaño es similar a las del Tipo II. Las inclusiones Tipo I corresponden a soluciones acuosas con salinidades comprendidas entre el 5 y 10% en peso de NaCl equiva-

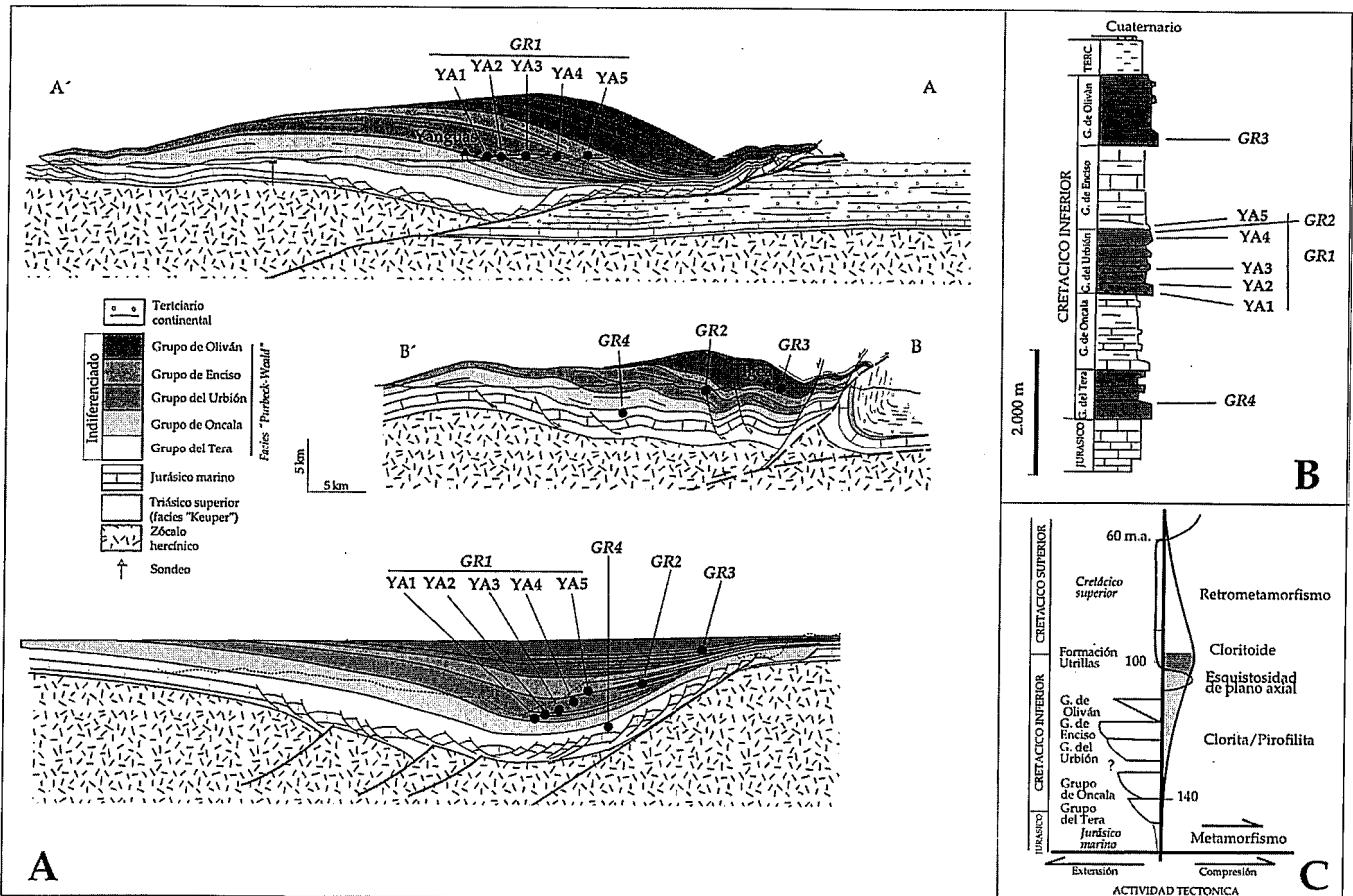


Fig. 2.- A) Cortes geológicos (A-A' y B-B') del sector NE de la Cuenca de Cameros donde se indica la situación de las muestras analizadas. En el corte inferior se muestra la geometría de la cuenca de Cameros al final de la etapa «sin-rift» (tomado de Casas Sainz y Gil Imaz, 1996). B) Posición de las muestras dentro de la columna estratigráfica. C) Esquema de la evolución tectónica del sector oriental de la Cuenca de Cameros durante el Ciclo Alpino donde se indica la relación entre la deformación y el metamorfismo (tomado de Casas Sainz y Gil Imaz, 1996). La amplitud de las curvas de actividad tectónica ha sido elegida arbitrariamente ya que los límites temporales de cada unidad sedimentaria no son bien conocidos.

Fig. 2.- A) Geological cross-sections (A-A' y B-B') of the NE sector of the Cameros basin where the location of the analyzed samples is shown. The lower cross-section shows the geometry of the Cameros basin at the end of the syn-rift stage (after Casas-Sainz and Gil-Imaz, 1996). B) Location of the analyzed samples within the stratigraphic column. C) Tectonic evolution of the eastern part of the Cameros basin during the Alpine cycle, depicting the relationship between deformation and metamorphism (after Casas-Sainz and Gil-Imaz, 1996). The skewness of curves of tectonic activity is chosen arbitrarily, since the time limits of each sedimentary unit are not well constrained.

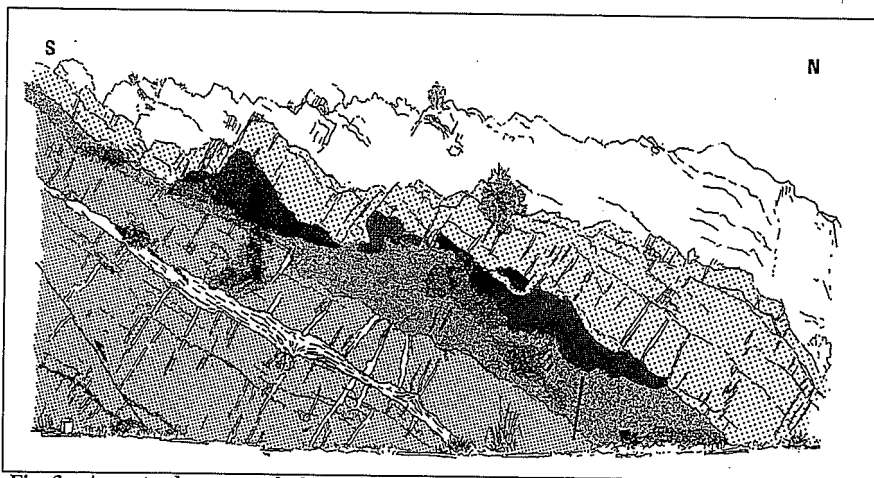


Fig. 3. Aspecto de campo de las grietas de cuarzo afectando a capas competentes de la base del Grupo del Urbión (estación YA1). Obsérvese el boudinaje de las capas cuarcíticas y la «pseudoesquistosidad» desarrollada en el interestrato arcilloso en las proximidades de los cuellos de los boudins.

Fig. 3. Field aspect of the quartz-filled tension gashes affecting to competent layers of the bottom of the Urbion Group (site YA1). Note the boudinage in the quartzitic beds and the «pseudo-cleavage» developed near the pinch zone of the boudins.

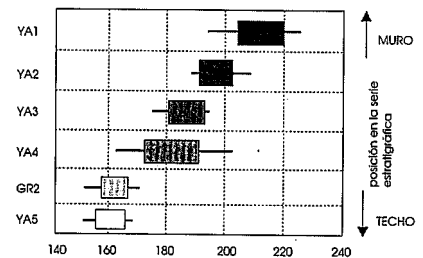


Fig. 4. Valores promedio y desviación estándar correspondiente a la temperatura de homogenización de las muestras del Grupo del Urbión. Nótese el gradiente de temperatura entre la base (estación YA1) y el techo (estación YA5) de la unidad sedimentaria.

Fig. 4. Mean values and standard deviation corresponding to the homogenizing temperature of the samples corresponding to the Urbion Group. Note the gradient of temperature between the bottom (sample YA1) and the top (sample YA5) of the sedimentary unit.

lente. Tanto las inclusiones Tipo I como las Tipo II homogenizan a líquido. Además en las Tipo II la homogenización de las fases carbónicas es también a líquido (TH CO_2 , 324°C). En las muestras procedentes de las grietas de la base del Grupo del Urbión se pueden encontrar los tres tipos de inclusiones ocupando el mismo espacio en el cristal. Cuando ha sido posible medir temperaturas de fusión de clatrato, en las inclusiones Tipo I de estas muestras ($T_m \text{CO}_2$, 6°C), éstas son similares a las que presentan las inclusiones Tipo II.

La temperatura de homogenización debe entenderse como la temperatura mínima a la que se formó el mineral, si se trata de inclusiones primarias y éstas se han mantenido como un sistema isocomposicional e isovolumétrico desde su formación. Como se observa en el diagrama de la figura 4, elaborado para la serie de muestras del Grupo del Urbión, sin tener en cuenta ningún tipo de corrección por presión se observan variaciones significativas de la temperatura de homogenización. Para calcular la temperatura real de formación del mineral hay que sumar, a la temperatura de homogenización, un incremento debido a la presión existente en el momento de su formación que también depende de la salinidad de la inclusión. De este modo las diferencias de temperatura que existen entre la base del Grupo del Urbión (estación YA1) y la base del Grupo de Enciso (estación YA5), con valores de unos 45°C , pasarían a ser superiores a los 80°C tan solo aplicando las diferencias de presión debidas a la columna estratigráfica del Grupo del Urbión (2.500 m); es decir, un gradiente de temperatura, no anómalo, de $30^\circ\text{C}/\text{km}$. No

obstante un estudio areal más exhaustivo y contrastado con otros tipos composicionales de estructuras extensionales (grietas calcíticas) se hace necesario para poder llegar a tener una idea más adecuada de los procesos geotérmicos y de la evolución tectónica asociada.

Conclusiones

- La etapa extensional del rifting intracontinental se manifiesta en la Cuenca de Cameros tanto por la formación de grietas de cuarzo en niveles competentes (areniscas cuarcíticas y limolitas) como en su relleno simultáneo por fluidos que alcanzaron una temperatura máxima de, al menos, 200°C .

- Los resultados obtenidos referentes a temperaturas de homogenización para grietas del Grupo del Urbión y base del Grupo de Enciso revelan que la parte basal del Grupo del Urbión estuvo, durante la etapa extensional, a mayor profundidad que las rocas de la parte inferior del Grupo de Enciso y por tanto la disposición actual del cuerpo sedimentario hay que relacionarla de forma inequívoca con el proceso de inversión tectónica terciaria.

- Los datos termométricos obtenidos a partir de inclusiones fluidas contenidas en cristales de cuarzo indican un gradiente no anómalo que, para el caso del Grupo del Urbión en su sector de máxima potencia, sería próximo a los $30^\circ\text{C}/\text{km}$.

- El *boudinage* de los niveles competentes del Grupo del Urbión desarrollado en el sector central de la Cuenca de Cameros es coherente con el mecanismo de deformación propio de zonas profundas de cuencas sedimentarias sometidas a temperaturas más elevadas durante el proce-

so de enterramiento de los sedimentos.

- Los resultados presentados indican que durante la etapa de extensión que dio lugar a la formación de la Cuenca de Cameros (en su sector oriental), durante el Jurásico terminal-Cretácico basal y en la etapa que precede al desarrollo del metamorfismo, tanto la génesis de estructuras extensionales como su relleno puede ser explicado dentro de un proceso generalizado de rifting intracontinental al que le correspondió, al menos en el sector más profundo de la cuenca sedimentaria, un gradiente de temperatura no anómalo ligado, probablemente, a un proceso de metamorfismo por enterramiento.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido subvencionado por el proyecto PB93-1218 de la D.G.I.C.Y.T.

Referencias

- Casquet, C.; Galindo, C.; Gonzalez-Casado, J.M.; Alonso, J.M.; Mas, J.M. y Rodas, M. (1992). *Geogaceta*, 11: 22-25
- Casas Sainz, A.M. (1992). *Zubia*, monográfico nº4, 212 p.
- Casas Sainz, A.M. y Gil Imaz, A. (1996). *Bull. Geol. Soc. Am.* (en revisión)
- Golberg, J.M.; Guirrand, M.; Maluski, H. y Seguret, M. (1988). *C.R. Acad. Sc. Paris*, 307 (Série II): 521-527.
- Guiraud, M. (1983). *Thèse 3ème Cycle*. U.S.T.L.A. Montpellier, 172 pp.
- Mas, J.R.; Alonso, A. y Guimera, J. *et al.* (1993). *Rev. Soc. Geol. España*, 6 (3-4): 129-144.
- Tischer, G. (1966): *Beith. Geol. J.B.*, 44: 123-164.