

# Análisis de la fracturación en una cuenca de antepaís: el caso de la Fm. Escanilla (Cuenca de Aínsa, Zona Surpirenaica)

*Fracturing analysis in a foreland basin: the Escanilla Fm. case (Aínsa Basin, South Pyrenean Zone)*

Pablo Santolaria<sup>1</sup>, Tania Mochales<sup>2</sup>, Antonio Casas<sup>1</sup> y Ruth Soto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza, España. psotin@unizar.es, acasas@unizar.es

<sup>2</sup> Instituto Geológico y Minero de España, C/ Río Rosas 23, 28003, Madrid, España. taniamochales@gmail.com

<sup>3</sup> Instituto Geológico y Minero de España, Unidad de Zaragoza, C/ Manuel Lasala 44, 9B, 50006 Zaragoza, España. r.soto@igme.es

## ABSTRACT

We present the fracture analysis (more than two thousand measurements) carried on in the Upper Eocene-Oligocene continental rocks of the Escanilla Fm. in the Aínsa Basin (Southern Pyrenees). Analysis is focused on geometry and orientation distribution of fractures, and their comparison to larger-scale structures and map-scale fractures. We chose the Escanilla Fm. due to its syntectonic character in relation to folding and vertical axis rotation of neighboring structures in order to evaluate the applicability of fractures as passive markers of deformation. The analysis reveals the existence of two perpendicular sets of fractures striking approximately E-W and N-S, compatible with regional tensional fracturing (triggered by crustal flexure) and compressional fracturing, respectively. Furthermore, a SW-NE-striking set dominates the westernmost sector, which correlates with large-scale fractures in the area. Finally, another NW-SE trending set characterized eastern areas where normal faulting associated to salt tectonic took place. A clear geographic, rather than stratigraphic distribution, suggest that fractures postdated deposition of the whole unit.

**Key-words:** Fracture analysis, Aínsa Basin, Pyrenees, structural analysis, joint.

## RESUMEN

Presentamos el análisis direccional de las fracturas (más de dos mil medidas) que afectan a los materiales continentales del Eoceno Superior-Oligoceno de la Fm. Escanilla (Cuenca de Aínsa, Zona Surpirenaica). Su carácter sintectónico respecto al plegamiento y rotación de eje vertical de estructuras vecinas propicia el escenario adecuado para evaluar la aplicabilidad del estudio de las fracturas como marcadores pasivos de la deformación. El análisis se centra en la orientación y distribución de la fracturación medida a escala de afloramiento y su relación con fracturas mayores. Se observa la aparición de dos conjuntos perpendiculares N-S y E-W que se relacionan con fracturas compresionales y tensionales (asociadas, estas últimas, a la flexión cortical pirenaica), respectivamente. También aparece una familia de fracturas orientadas SW-NE, paralela a un sistema de fallas mayores hacia el oeste, y una familia NW-SE asociada a fallas normales relacionadas con tectónica salina. Un claro control geográfico y, en menor medida estratigráfico, apunta a que la fracturación postdata el depósito de la Fm. Escanilla.

**Palabras clave:** Fracturación, Cuenca de Aínsa, Pirineos, análisis estructural, diaclasa.

Geogaceta, 58 (2015), 87-90  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 3 de febrero de 2015  
Fecha de revisión: 29 de abril de 2015  
Fecha de aceptación: 15 de mayo de 2015

## Introducción

En ausencia de marcadores cinemáticos sobre planos de falla, el análisis de la fracturación permite conocer el patrón de deformación frágil y su relación con las estructuras mayores en distintos contextos tectónicos (p. ej., Hancock, 1985). En regímenes compresivos, la fracturación está condicionada por el plegamiento adyacente (Maestro *et al.*, 1997), la transmisión de los esfuerzos desde zonas activas (p. ej., Arlegui, 1996; Arlegui y Simón, 2001) o la dinámica de las zonas orogénicas (p. ej. Ta-

vani *et al.*, 2015). En ocasiones resulta difícil relacionar los patrones de fracturación con los procesos que han tenido lugar en las zonas orogénicas o en las cuencas de antepaís, y en este sentido, definir claramente la edad de la fracturación es un factor clave de la interpretación final. Esta dificultad se ve acrecentada por factores litológicos o reológicos. La Zona Surpirenaica, consistente en la yuxtaposición (o superposición) de varias cuencas de antepaís sucesivas en el tiempo, es un excelente laboratorio donde aplicar el análisis de la fracturación a distintas escalas.

Dentro del dominio surpirenaico, son varios los trabajos que tratan sobre el análisis de la fracturación considerando sus implicaciones en cuanto a paleoesfuerzos o su geometría (p. ej., Turner y Hancock, 1990; Tavani *et al.*, 2012), aunque no ha sido abordado todavía desde una perspectiva regional.

El objetivo es caracterizar los patrones direccionales de fracturas en las rocas detríticas (paquetes arenosos y conglomeráticos con finas intercalaciones lutíticas) del Eoceno Medio-Superior de la Formación Escanilla (Garrido-Megías, 1968) (Cuenca de



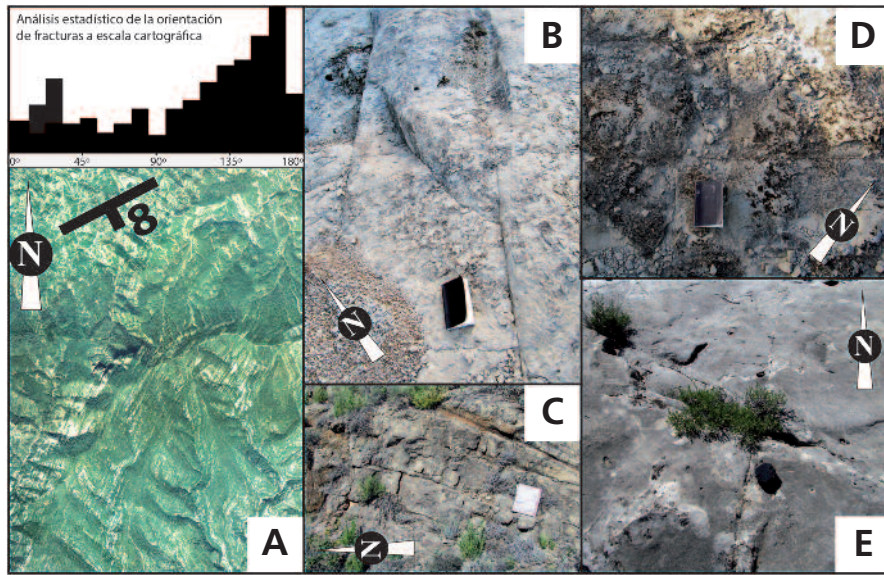


Fig. 2.- A) Resultados del análisis estadístico de la orientación de las fracturas (a partir de software ImageJ) y ortofoto mostrando familia de fracturas orientada NNE-SSW (cedida por © Instituto Geográfico Nacional de España) en capas subhorizontales. B) Vista en planta de la fracturación. C) Vista en corte de la fracturación. D) Fracturación en lutitas. E) Fracturación en areniscas.

Fig. 2.- A) Results of the statistical fracture analysis (from software ImageJ) and orthophoto showing a NNE-SSW fracture set (yielded by © Instituto Geográfico Nacional de España) in subhorizontal bedding. B) Fractures in plan-view. C) Fractures in outcrop. D) Fractures in lutites. E) Fractures in sandstones.

Estratigráficamente, en la base de la Fm. Escanilla aparecen dos familias dominantes: N120°E y N150°E. En su miembro medio, se observan tres familias N135°E, N090°E y N120°E y en su tramo superior aparece una familia E-W y un abanico de direcciones desde N160°E a N010°E. Perfil a perfil, la división por edades no parece presentar un patrón definido, si bien en cada uno de los perfiles centrales la fracturación en los miembros basal e intermedio es consistente y distinta a la del miembro superior. Por tanto, la posición geográfica frente a la estratigráfica parece controlar la orientación de las fracturas. No existe correlación alguna de la fracturación con la litología.

A escala cartográfica aparecen dos máximos con dirección en torno a NNE-SSW y N-S, con fracturas de gran desarrollo longitudinal y claramente observables en la ortofotografía (Fig. 2), pero difícilmente analizables a escala de afloramiento.

**Modelo de fracturación**

En todos los perfiles se distinguen dos familias de fracturas cuya bisectriz aguda se orienta aproximadamente N-S, y que podría interpretarse como un sistema conjugado de diaclasas (p. ej., Simón *et al.*, 1999), si bien, la falta de marcadores cinemáticos impide

asegurarlos con certeza. Dicho sistema podría asimilarse a la familia N-S obtenida a escala cartográfica. Por otro lado se observa una familia de orientación que varía entre WNW-ESE y WSW-ENE. Además, nos encontramos un importante familia SW-NE hacia el oeste de la zona y una NW-SE hacia el este.

En un escenario donde la fracturación es coetánea con el depósito de la Fm. Escanilla, cabría esperar una rotación horaria sistemática, la cual no se observa, dentro de las estaciones a lo largo de los perfiles o entre el tramo medio y superior (Fig. 3). Por ello, podemos descartar el carácter sinsedimentario de la fracturación, que por el contrario postdataría su depósito. Las diferencias que se observan entre los miembros basal y medio frente al superior en los perfiles centrales podría deberse a diferencias reológicas entre ellos fruto de una carga por enterramiento diferente (Bourne, 2003).

El hipotético sistema conjugado N-S y la familia E-W pueden explicarse dentro del marco regional de la orogenia pirenaica. Así, el primero respondería a la compresión pirenaica, y el segundo podría considerarse

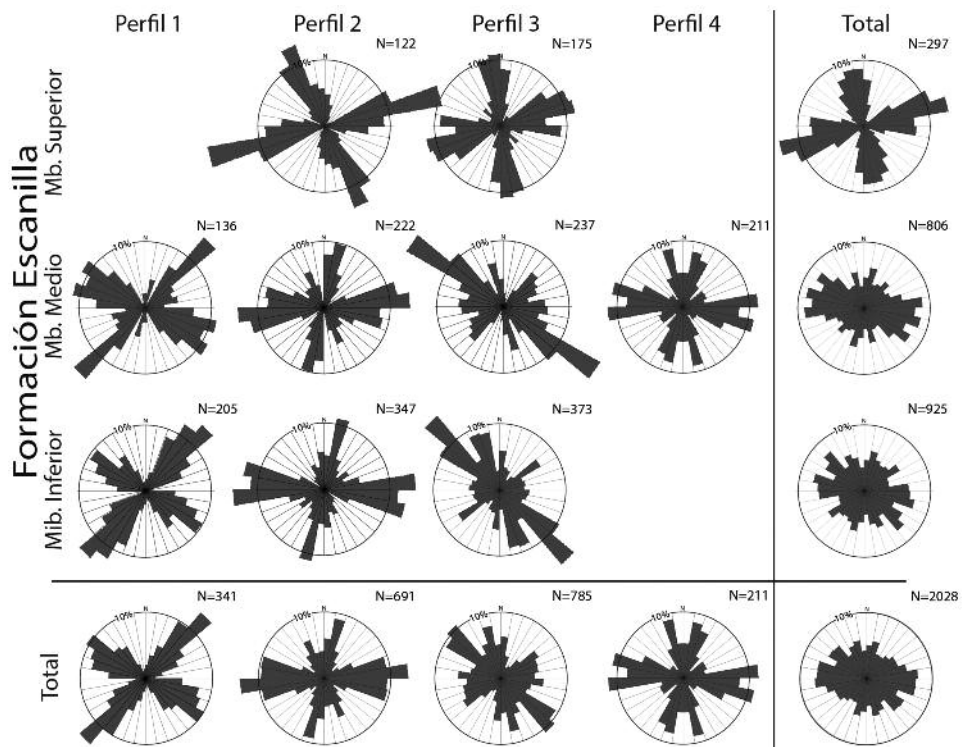


Fig. 3.- Diagramas en rosa de fracturas, agrupadas por perfiles y posición estratigráfica dentro de cada perfil y la suma por posición estratigráfica (derecha) y por perfil (abajo). El total se muestra en la esquina inferior-derecha.

Fig. 3.- Rose diagrams of fractures grouped by profiles and stratigraphic situation within each profile. Synthetic diagrams grouped by stratigraphic position (right) and profile (bottom). The total is shown in the bottom-right corner.

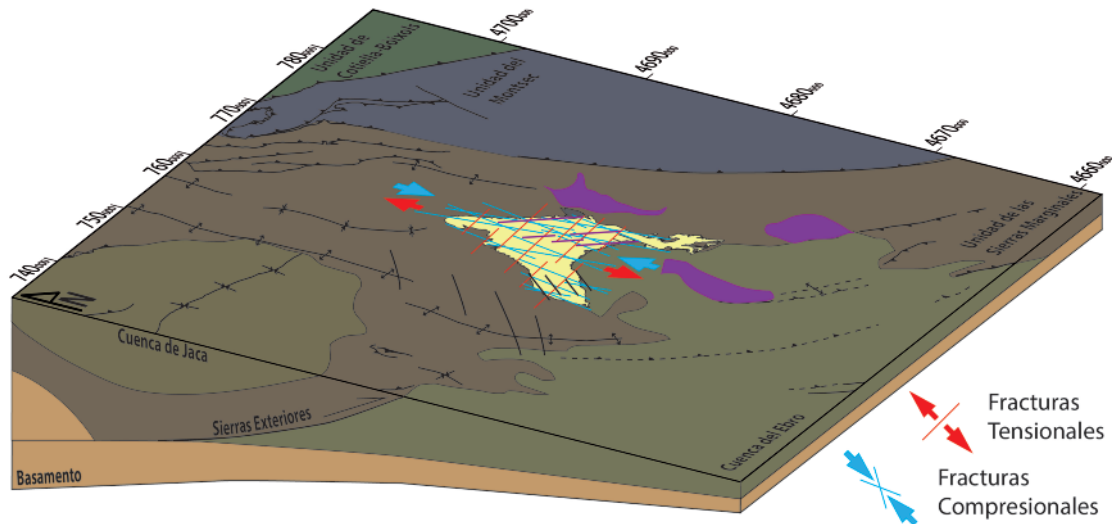


Fig. 4.- Esquema que sintetiza la interpretación dinámica de las fracturas en la Fm. Escanilla. (Ver figura en color en la web).

Fig. 4.- Block diagram synthesizing the dynamic interpretation of fractures in the Escanilla Fm. (See colour figure on the web).

como un sistema tensional fruto de una extensión regional relacionada con la flexura de la corteza producida por la carga litostática sobre la placa Ibérica debida al apilamiento de láminas de zócalo en zonas más internas del Pirineo. Otra posibilidad sería considerar las fracturas N-S como diaclasas tensionales fruto de una extensión paralela a eje de la cuenca de antepaís (Tavani *et al.*, 2015). En cualquier caso, considerando ambos sistemas como no rotados, por lo expuesto anteriormente, estos se habrían originado durante el Oligoceno, en los últimos estadios de deformación pirenaica. El carácter más localizado de la fracturación SW-NE hacia el oeste de la zona se correlacionaría en dirección con una familia de fracturas mayores que aparece en la zona y afectan a materiales pre-Oligocenos (Fig. 1). Dichas estructuras son compatibles con las necesarias para acomodar la rotación horaria de eje vertical de los anticlinales de Boltaña y Balzes (Rodríguez-Pintó *et al.*, 2008). Por último, hacia el este de la zona de estudio, aparece una familia NW-SE, que puede relacionarse con estructuras cuyo origen podría asociarse a fenómenos diapíricos: borde sur del domo de Clamosa (Teixell y Barnolas, 1995), y fracturas asociadas que pueden observarse hasta el margen sur del diapiro de La Puebla de Castro.

## Conclusiones

A pesar de que en una primera aproximación el patrón de fracturación de la Fm. Escanilla se muestra relativamente caótico, un análisis detallado en cuanto a su posición geográfica y la relación con estructuras

mayores permite definir unos condicionantes estructurales que explican parcialmente su origen. Así, se interpreta que las fracturas N-S se relacionan con la compresión pirenaica y las E-W tendrían un origen tensional, asociadas a la flexión cortical. Sin embargo, a falta de datos que lo confirmen, otros modelos de fracturación relativos a la extensión longitudinal en el antepaís o fenómenos asociados a la exhumación pueden explicarlas. Por otro lado, las familias de carácter local están asociadas a estructuras relacionadas con tectónica salina y rotaciones de eje vertical de estructuras aledañas.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por una ayuda a la investigación del Geoparque de Sobrarbe, el Gobierno de Aragón (grupo de investigación Geotransfer y beca predoctoral al primer autor) y el proyecto CGL2010-21968-C02-02. Un sincero agradecimiento a los revisores J. L. Simón, O. Fernández y S. Tavani.

## Referencias

- Arlegui, L.E. (1996). *Diaclasas, fallas y campo de esfuerzos en el sector central de la Cuenca del Ebro*. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 308 p.
- Arlegui, L. y Simón, J.L. (2001). *Journal of Structural Geology* 23, 297-313.
- Bentham, P. (1992). *Basin Research* 4, 335-352.
- Bentham, P.A. (1992). *The tectonostratigraphic development of the western oblique ramp of the south-central Pyrenean thrust system, northern Spain*. Tesis Doctoral, Univ. South California, 253 p.

- Bourne, S.J. (2003). *Journal of Geophysical Research* 108, 2395-2406.
- Garrido-Megias, A. (1968). *Acta Geológica Hispánica* 3, 39-43.
- Hancock, P.L. (1985). *Journal of Structural Geology* 7, 437-457.
- Maestro, A., Liesa, C.L., Simón, J.L., Casas, A.M. y Arlegui, L.E. (1987). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 10, 3-12.
- Mochales, T., Casas, A.M., Pueyo, E.L. y Barnolas, A. (2012a). *Journal of Structural Geology* 35, 2-16.
- Mochales, T., Barnolas, A., Pueyo, E.L., Serra-Kiel, J., Casas, A.M., Samsó, J.M. y Sanjuán, J. (2012b). *Geological Society of America Bulletin* 124, 1229-1250.
- Muñoz, J.A., Beamud, E., Fernández, O., Arbués, P., Dinarès-Turell, J. y Poblet J. (2013). *Tectonics* 32, 1142-1175.
- Rodríguez-Pintó, A., Pueyo, E.L., Pocolí, A. y Barnolas, A. (2008). *Geo-Temas* 10, 1207 – 1210.
- Schneider, C.A., Rasband, W.S. y Eliceiri, K.W. (2012). *Nature Methods* 9, 671-675.
- Simón, J.L., Arlegui, L.E., Liesa, C.L. y Maestro, A. (1999). *Journal of Geophysical Research* 104, 15141-15153.
- Tavani, S., Fernandez, O. y Muñoz, J.A. (2012). En: *Faulting, Fracturing and Igneous Intrusion in the Earth's Crust* (D. Healy, R.W.H. Butler, Z.K. Shipton y R.H. Sibson, Eds.). Geological Society of London Special Publication 367, 131-140.
- Tavani, S., Storti, F., Lacombe, O., Corradetti, A., Muñoz, J.A. y Mazzoli, S. (2015). *Earth-Science Reviews* 141, 82-104.
- Teixell, A. y Barnolas, A. (1995). *Geogaceta* 17, 186-189.
- Turner J.P. y Hancock P.L. (1990). *Journal of Structural Geology* 12, 217-226.