

# Influencia de la Mineralogía en el Comportamiento Mecánico de las Fallas: El Caso de la Falla de Alhama de Murcia

/CATALINA SÁNCHEZ (1), ISABEL ABAD (1\*), JUAN JIMÉNEZ-MILLÁN (1), FERNANDO NIETO (2), DANIEL FAULKNER (3).

(1) Departamento de Geología y CEACTierra, Unidad Asociada IACT (CSIC-UGR) Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas s/n 23071, Jaén (España)

(2) Departamento de Mineralogía y Petrología e IACT (CSIC-UGR), Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Avda. Fuentenueva s/n 18002, Granada (España)

(3) Rock Deformation Laboratory, Department of Earth and Oceanic Sciences, University of Liverpool, 4 Brownlow Street, L69 3GP (UK)

## INTRODUCCIÓN

Las fallas de la corteza terrestre son zonas de cizalla intrínsecamente más débiles que la roca intacta circundante (Sibson 2002). La presencia en las rocas de falla de materiales con coeficientes de fricción inferiores a 0,6 se ha sugerido como una posible causa del debilitamiento de las zonas de falla en la corteza media y superior (Moore y Lockner, 2004). Los filosilicatos presentan un comportamiento débil y con bajos coeficientes de fricción ( $\mu$ ) ante esfuerzos de cizalla (Moore y Lockner, 2004). La mayoría de los coeficientes de fricción de los filosilicatos se encuentra en el intervalo de  $\mu=0,2-0,5$  (Behnsen y Faulkner, 2012). Por tanto, la caracterización mineralógica del protolito y de las rocas de falla, con especial énfasis en los minerales de la arcilla, puede proporcionar información relevante para analizar el comportamiento mecánico de una falla.

El sur de la Península Ibérica es un área tectónicamente activa como consecuencia de la colisión entre la placa tectónica europea y la africana. En la zona, son numerosas las fallas activas. Este es el caso de la falla de Alhama de Murcia, responsable de la nucleación del terremoto de Lorca en Mayo de 2011. Este terremoto, de magnitud 5,1 (Martínez-Díaz et al., 2012), causó daños significativos en la provincia de Murcia y un total de 9 víctimas mortales y cientos de heridos.

El objetivo de este estudio es identificar las posibles diferencias en el contenido en filosilicatos entre el protolito y las rocas afectadas por la falla de Alhama de Murcia y evaluar los posibles efectos sobre la actividad sísmica de la falla.

## CONTEXTO GEOLÓGICO y MATERIALES

La falla de Alhama de Murcia, es una falla de salto en dirección, de orientación NE-SW, ubicada en la parte oriental de la Cordillera Bética, desde la depresión de Huerca-Overa hasta los alrededores de Murcia (Masana et al. 2004) con unos 100 km de longitud.

El muestreo se ha realizado en el segmento Lorca-Totana, que es el que presenta la máxima concentración de actividad sísmica (Masana et al. 2004). Se tomaron un total de 27 rocas de falla en tres afloramientos distintos, uno de ellos una trinchera abierta tras el terremoto de 2011.

La falla de Alhama de Murcia corta rocas de las Zonas Internas de la Cordillera Bética, concretamente, del Complejo Alpujárride (esquistos y filitas), que son los materiales que han sido objeto de muestreo y también afecta a las formaciones margosas del Neógeno tardío de la cuenca de Lorca (Silva, 2014). La mineralogía del protolito alpujárride fue descrita en el área de Sierra Espuña por Abad et al. (2003).

## CARACTERIZACIÓN MINERAL

Los resultados obtenidos por difracción de rayos X (XRD), de la fracción total y la  $<2 \mu\text{m}$ , indican que todas las muestras están formadas mayoritariamente por micas dioctaédricas potásicas y sódicas, además de cuarzo. También se ha identificado en todas ellas caolinita. Sin embargo, sólo se han identificado ocasionalmente clorita, esmectita, feldespato potásico, carbonatos y hematites.

El estudio llevado a cabo mediante láminas delgado-pulidas en el

microscopio electrónico de barrido (SEM/BSE) ha permitido reconocer dos tipos principales de texturas: el primero es una filita con foliación bien desarrollada y alternancia de bandas de cristales de filosilicatos orientados con bandas de cristales de cuarzo, carbonatos y hematites de aspecto microbrechoide; el segundo tipo de roca es una roca de falla de aspecto milonítico en la que se observan bandas deformadas (aunque conservando su foliación original) con los minerales muy fracturados formando una mezcla casi homogénea de pequeños cristales de dolomita, óxidos de hierro, óxidos ferromagnesianos (ferropericlasa) y micas dioctaédricas (Fig. 1).

Las micas de las rocas estudiadas tienen composiciones variables (entre fengita y mica sódico-potásica) que coexisten dentro de la misma roca pero en cristales separados.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La mineralogía descrita en las rocas metamórficas afectadas por la falla es similar a la del protolito alpujárride (Abad et al., 2003) salvo en dos aspectos, la presencia de esmectita en las filitas alpujárrides de Sierra Espuña, prácticamente ausente en las rocas de falla y la presencia en estas de caolinita, mineral descrito en la totalidad de las rocas de falla muestreadas, que sin embargo no se ha identificado en el protolito. Desde el punto de vista textural, las diferencias observadas a escala micrométrica son notables, ya que mientras que en las rocas de falla la deformación frágil es evidente, las filitas protolíticas presentan una foliación muy bien desarrollada con micas y cloritas preferencialmente orientadas y alternando con granos de cuarzo

**palabras clave:** Caolinita, Falla de Lorca, Minerales de la Arcilla, SEM/BSE, Sísmicidad.

**key words:** Clay minerals, Kaolinite, Lorca fault, Seismicity, SEM/BSE.

alargados y agregados de carbonatos y óxidos (Abad et al., 2003 Fig. 3a).

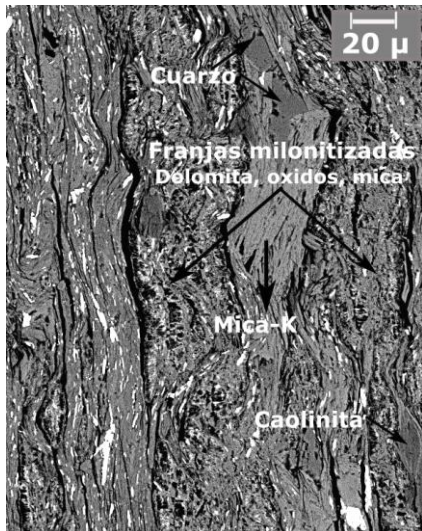


fig 1. Textura de una roca de falla de la zona de Lorca, milonitizada.

La presencia de caolinita autigénica debe de estar probablemente relacionada con una alteración de los feldspatos de la roca original ligada a procesos hidrotermales. La identificación de la misma llenando espacios de distensión que siguen una orientación preferencial concordante con la foliación original en las rocas de falla puede tener consecuencias muy importantes durante los procesos de fricción sobre el plano de falla. Según Benhsen y Faulkner (2012), la caolinita tiene un coeficiente de fricción de 0,40 en seco y 0,29 en húmedo mientras que Moore y Lockner (2004), indican que su coeficiente de fricción puede llegar a 0,84 en seco y 0,51 en húmedo. En cualquier caso, el coeficiente de fricción de la caolinita es alto si se compara con el de las arcillas expansivas: 0,39 en seco y 0,12 en húmedo (Benhsen y Faulkner, 2012) Según observaciones de Cooke et al. (2012), la caolinita puede producir un comportamiento inestable a mayores velocidades de desplazamiento. Esta inestabilidad ha

sido relacionada con la nucleación de terremotos y la propagación de ondas sísmicas (Fagereng et al., 2014).

La casi total ausencia de arcillas expansivas en las rocas del plano de falla contribuye a que la mecánica de la falla de Alhama de Murcia en el segmento estudiado esté controlada en gran parte por mecanismos frágiles más que por mecanismos de deformación plástica. La presencia de minerales con mayores coeficientes de fricción como cuarzo, micas y caolinita que, a su vez, presentan comportamientos inestables de acuerdo con las leyes de fricción descritas por Dieterich (1972) y Ruina (1983) podría desencadenar una liberación más explosiva de la energía elástica (Fagereng et al., 2014) que en otros segmentos de la falla y de esta forma concentrar la mayor actividad sísmica en el segmento de Lorca-Totana.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a J.A. López Martín su disponibilidad y asesoramiento en el muestreo. Este trabajo ha sido financiado por los Proyectos de Investigación CGL2011-30153-C02-01 y CGL2011-30153-C02-02 y la beca FPI BES-2012-052 562 del Ministerio de Economía y Competitividad de España.

#### REFERENCIAS

- Abad, I., Nieto, F., Peacor, D.R. y Vellilla N. (2003): *Prograde and retrograde diagenetic and metamorphic evolution in metapelitic rocks of Sierra Espuña (Spain)*. *Clay Minerals* **38**, 1-23.
- Behnsen, J. & Faulkner D.R. (2012): *The effect of mineralogy and effective normal stress on frictional strength of sheet silicates*. *Journal of Structural Geology*, **42**, 49-61.
- Cooke, M.L. & van der Elst N.J. (2012): *Rheologic testing of wet kaolin reveals frictional and bi-viscous behavior typical of crustal materials*, *Geophys. Res. Lett.*, **39**,

L01308.

- Dieterich, J.H. (1972): *Time-dependence of rock friction*. *Journal of Geophysical Research*, **77**, 3690-3679.
- Fagereng, A., Toy, V.G., Rowland, J.V. (2011): (eds) *Geology of the Earthquake Source: A Volume in Honour of Rick Sibson*. Geological Society, London, *Special Publications*, **359**, 1-16. DOI: 10.1144/SP359.1
- Martínez-Díaz, J.J., Ivarez-Gómez, J.A., García-Mayordomo, J., Insua-Arévalo, J.M., Martín-González, F., Rodríguez-Peces, M.J. (2012): *Interpretación tectónica de la fuente del terremoto de Lorca de 2011 (MW 5,2) y sus efectos superficiales*. *Boletín Geológico y Minero*, **123**, 4, 441-458. ISSN: 0366-0176.
- Masana, E., Martínez-Díaz, J.J., Hernández-Enrile, J.L. y Santanach, P. (2004): *The Alhama de Murcia fault (SE Spain), a seismogenic fault in a diffuse plate boundary: Seismotectonic implications for the Ibero-Magrebian region*, *J. Geophys. Res.*, **109**, B01301. DOI:10.1029/2002JB002359.
- Moore, D. & Lockner, D. (2004): *Crystallographic controls on the frictional behavior of dry and water-saturated sheet structure minerals*. *Journal of Geophysical Research* **109**, B03401.
- Ruina, A. (1983): *Slip instability and state variable friction laws*. *Journal of Geophysical Research*, **88**, 10 359-10 370.
- Sibson, R.H. (2011): *The scope of earthquake geology*. In: Fagereng, A. , Toy, V. G. & Rowland, J. V. (eds) *Geology of the Earthquake Source: A Volume in Honour of Rick Sibson*. Geological Society, London, *Special Publications*, **359**, 319-332.
- Silva, P.G. (2014): *The Guadalentín Tectonic Depression, Betic Cordillera, Murcia*. F. Gutiérrez and M. Gutiérrez (eds.), *Landscapes and Landforms of Spain, World Geomorphological Landscapes*. DOI: 10.1007/978-94-017-8628-7\_2.