

Neoformación de minerales de la arcilla en la Falla de Alhama de Murcia: posibles implicaciones sísmicas

Isabel Abad (1*), Fernando Nieto (2), Juan Jiménez-Millán (1), Catalina Sánchez-Roa (3)

(1) Departamento de Geología y CEACTierra. Unidad Asociada IACT (CSIC-UGR). Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Jaén, 23071 Jaén (España)

(2) Departamento de Mineralogía y Petrología e IACT (CSIC-UGR). Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, 18071, Granada (España)

(3) Department of Earth Sciences, University College London, London (United Kingdom)

* corresponding author: miabad@ujaen.es

Palabras Clave: Caolinita, EPMA, Espaciado basal, Mica dioctaédrica | **Key Words:** Basal spacing, Dioctahedral mica, EPMA, Kaolinite

INTRODUCCIÓN

El papel que juegan los minerales de la arcilla en los sistemas de fallas activas y en la dinámica de los terremotos es objeto de numerosas investigaciones hoy día. La deformación frágil de las rocas en estos sistemas es un proceso muy común que conlleva el incremento de la interacción entre las rocas y los fluidos de baja temperatura. Como consecuencia de estas interacciones puede producirse un incremento de minerales de la arcilla en rocas de falla (illita, clorita, esmectita, etc.) (Evans y Chester, 1995; Solum et al. 2003). No es fácil comprender las relaciones genéticas que afectan a los minerales de la arcilla en ambientes de baja temperatura debido, entre otras cosas, a la ausencia de equilibrio químico y un tamaño de grano muy pequeño, que hacen difícil el estudio textural y la identificación de intercrecimientos de fases minerales. Pero, no por complicado, deja de ser una investigación de gran interés en cuanto a que la existencia de rocas de falla ricas en arcillas puede contribuir al debilitamiento de las fallas, siendo probablemente un factor de control en relación a los mecanismos sísmicos (Faulkner et al. 2003) debido a sus coeficientes de fricción bajos, continuidad de las capas de agua a lo largo de los planos de foliación principal y su estabilidad mecánica bajo fricción (Lockner et al. 2011).

En este estudio se ha llevado a cabo una caracterización de la mineralogía y textura de las rocas de falla ubicadas en el segmento de mayor actividad sísmica de la Falla de Alhama de Murcia, con especial énfasis en la mineralogía de arcillas con el objetivo de determinar la influencia potencial de estos minerales en la actividad sísmica y en las propiedades de fricción de esta falla (ver Niemeijer y Vissers, 2014). Para ello, además de la difracción de rayos X (XRD), se han usado técnicas de microscopía

electrónica (SEM y TEM) y la microsonda de electrones (EPMA).

CONTEXTO GEOLÓGICO Y MATERIALES

La Falla de Alhama de Murcia es una falla de salto en dirección, de orientación NE-SW, con unos 100 km de longitud y ubicada en la parte oriental de la Cordillera Bética, desde la depresión de Huerca-Overa hasta los alrededores de Murcia (Masana et al. 2004). Según Martínez-Díaz et al. (2012), esta falla se puede subdividir en cuatro segmentos, siendo el segmento Lorca-Totana (16 km), el que controla la evolución de la cuenca neógena de Lorca y el que, a su vez, presenta la máxima concentración de actividad sísmica. Concretamente, en este segmento se tomaron un total de 27 rocas de falla en tres afloramientos distintos, uno de ellos una trinchera abierta tras el terremoto de 2011.

Esta falla 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, pero también afecta a las formaciones margosas del Neógeno tardío de la cuenca de Lorca. La mineralogía del protolito alpujárride fue descrita en el área de Sierra Espuña por Abad et al. (2003) y se trata de filitas grises muy bien foliadas formadas por micas dioctaédricas potásicas y sódicas, clorita, cuarzo, hematites y carbonatos (calcita y dolomita) además de esmectita retrógrada (Nieto et al. 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización de las muestras, tanto de la fracción total como de la $<2 \mu\text{m}$, mediante XRD, indica que todas ellas están formadas mayoritariamente por micas dioctaédricas potásicas y sódicas, además de cuarzo.

También se ha identificado en todas ellas caolinita y, sin embargo, sólo ocasionalmente clorita, esmectita, feldespato potásico, carbonatos y hematites.

El estudio de láminas delgado-pulidas en el SEM ha permitido reconocer dos tipos principales de texturas: (a) bandas foliadas de grosores $>100\ \mu\text{m}$, formadas por micas, cuarzo, hematites y dolomita, con tamaños de grano $> 20\ \mu\text{m}$; (b) bandas con aspecto cizallado, con grosores $<100\ \mu\text{m}$, formadas mayoritariamente por micas de tamaño de grano $< 15\ \mu\text{m}$ y óxidos de Fe dispersos. La caolinita está presente en ambos dominios intercrecida con las micas o rellenando huecos.

La relación Na/K de las micas en las bandas de cizalla es mucho mayor que la correspondiente a las micas de las bandas foliadas, que son, mayoritariamente, moscovitas con cierto componente fengítico y, en general, con una composición más homogénea. Sin embargo, la ausencia de un pico intermedio a $9,8\ \text{\AA}$ en los difractogramas sugiere que las micas de las bandas de cizalla son en realidad intercrecimientos de paragonita y fengita a escala submicroscópica, por debajo de la resolución de los mapas composicionales y los análisis de la EPMA. La medida del espaciado basal, d_{001} , de las micas dioctaédricas potásicas en la fracción total y en la $< 2\ \mu\text{m}$ muestra diferencias claras entre las dos poblaciones. El d_{001} de las micas de la fracción $< 2\ \mu\text{m}$ es mayor, lo que indica contenidos mayores en K y menores en Na en las moscovitas de las bandas de cizalla. Esa diferencia en la composición es indicativa de temperaturas menores y permite afirmar que las micas de las zonas de cizalla no son solo el resultado de la rotura y reorientación de las micas más grandes de origen metamórfico, sino que, en buena medida, son el resultado de procesos de crecimiento durante algún episodio genético que debió tener lugar en la propia falla.

Por otro lado, las relaciones texturales entre las micas y la caolinita (ausente en el protolito) que, en ocasiones, abre las capas de cristales de micas presumiblemente detríticas, sugiere un crecimiento epitaxial de la misma como resultado de la interacción roca-fluido a lo largo de las fracturas y del plano de falla. La formación de minerales de arcilla en la zona de falla podría alterar la estabilidad de la misma. En el caso concreto de la caolinita, su coeficiente de fricción en condiciones húmedas es alto si se compara con el de las arcillas expansivas, prácticamente ausentes en las muestras estudiadas. La presencia, por tanto, de caolinita además de cuarzo y micas, podría explicar el comportamiento observado de velocidad neutral de estas rocas de falla y la propagación de terremotos hacia la superficie (Niemeijer y Vissers, 2014) como consecuencia de un comportamiento predominantemente frágil y una liberación más explosiva de la energía elástica en lugar de generar un comportamiento mecánicamente estable a mayores velocidades de desplazamiento, como es característico de las arcillas expansivas que actúan como una barrera para la propagación de fracturas.

AGRADECIMIENTOS

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 y los Grupos de Investigación RNM-179 y RNM-325 de la Junta de Andalucía.

REFERENCIAS

- Abad, I., Nieto, F., Peacor, D.R., Velilla N. (2003): Prograde and retrograde diagenetic and metamorphic evolution in metapelitic rocks of Sierra Espuña (Spain). *Clay Miner.*, **38**, 1-23.
- Evans J.P. & Chester F.M. (1995): Fluid-rock interaction in faults of the San Andreas system; inferences from San Gabriel Fault rock geochemistry and microstructures. *J. Geophys. Res.*, **100**, 13007-13020.
- Faulkner D.R., Lewis A.C., Rutter E.H. (2003): On the internal structure and mechanics of large strike-slip fault zones: field observations from the Carboneras fault, southeastern Spain. *Tectonophysics*, **367**, 235-251.
- Lockner D.A., Morrow C., Moore D., Hickman S. (2011): Low strength of deep San Andreas fault gouge from SAFOD core. *Nature*, **472**, 82-85.
- Martínez-Díaz, J.J., Álvarez-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**, 441-458.
- Masana, E., Martínez-Díaz, J.J., Hernández-Enrile, J.L., Santanach, P. (2004): The Alhama de Murcia fault (SE Spain), a seismogenic fault in a diffuse plate boundary: Seismotectonic implications for the Ibero-Magrebien region. *J. Geophys. Res.*, **109**, B01301, doi:10.1029/2002JB002359.
- Niemeijer A.R. & Vissers R.L.M. (2014): Earthquake rupture propagation inferred from the spatial distribution of fault rock frictional properties. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **396**, 154-164.
- Nieto F., Velilla N., Peacor D.R., Ortega-Huertas M. (1994): Regional retrograde alteration of sub-greenschist facies chlorite to smectite. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **115**, 243-252.
- Solum J., van der Pluijm B., Peacor D. Warr, L. (2003): Influence of phyllosilicate mineral assemblages, fabrics, and fluids on the behavior of the Punchbowl fault, southern California. *J. Geophys. Res.*, **108**, 2233.