

Efectos retrógrados en esquistos afectados por la Falla de Padul

Isabel Abad (1*), Matías Reolid (1), Juan Jiménez-Millán (1), Fernando Nieto (2)

(1) Departamento de Geología y CEACTEMA, Universidad de Jaén, 23071, Jaén (España)

(2) Departamento de Mineralogía y Petrología, Universidad de Granada, 18002, Granada (España)

* corresponding author: miabad@ujaen.es

Palabras Clave: Brecha, Caolinita, Cordillera Bética, SEM. **Key Words:** Breccia, Kaolinite, Betic Cordillera, SEM.

INTRODUCCIÓN

La Falla de Padul es una de las fallas activas de la Zona Interna de la Cordillera Bética (sur de la península ibérica), a consecuencia de la convergencia entre las placas euroasiática y africana durante la Orogenia Alpina. Abad et al. (2022) identificaron minerales de la arcilla autigénicos en las rocas de falla carbonatadas (clorita, talco y esmectita), como consecuencia de procesos de interacción fluido-roca a temperaturas por debajo de los 220 °C. En esta ocasión, se ha estudiado un afloramiento de rocas metapelíticas afectadas por esta falla y que se encuentran estratigráficamente por debajo de las rocas carbonatadas estudiadas previamente. Este afloramiento permite el estudio de los procesos de transformación mineral y química que han experimentado los esquistos como consecuencia del metamorfismo dinámico promovido por el desarrollo de esta zona de falla de carácter extensional en un ambiente de baja temperatura.

CONTEXTO GEOLÓGICO Y MATERIALES

La Falla de Padul separa los relieves de Sierra Nevada (bloque de muro) del graben de Padul (bloque de techo). La actividad reciente de la misma la evidencia el escarpe continuo que la caracteriza sobre las dolomías triásicas alpujarrides. Tiene una longitud aproximada de 13 km, dirección NW-SE y un buzamiento predominante de unos 60-65° SW. Los materiales que se han muestreado en las inmediaciones del plano de falla son esquistos oscuros correspondientes al isleo tectónico de La Guindalera (Aldaya et al., 1979), de edad pérmico-triásico inferior y que corresponden a los términos más bajos de la Unidad de Los Guajares (Sanz de Galdeano y López-Garrido, 2003). Para la investigación se han tomado un total de 10 muestras, entre rocas de falla y roca fresca, en un afloramiento conocido como La Romera, en la terminación NW de la Sierra del Manar. Los esquistos son fácilmente reconocibles por su textura foliada y por su brillo debido a su alto contenido en micas. Sin embargo, en la zona de falla, su textura es brechoide.

RESULTADOS

El protolito de las rocas de falla está formado por albita, cuarzo, mica, algo de clorita y, puntualmente, paragonita, andalucita y caolinita. Las imágenes obtenidas por microscopía electrónica de barrido (SEM-EDS) muestran la presencia de dos tipos de micas (moscovita y fengita), granates tipo almandino, estauroлита, óxidos como ilmenita y zircón y apatito. También se identificaron distintos tipos de feldespatos con cantidades variables de K-Na y/o Ca y clorita rica en Mg. La presencia de caolinita se detectó en algunos huecos a lo largo de la foliación de los esquistos, junto a clorita, óxidos y esmectita. Las rocas de falla (brechas en adelante), presentan, sin embargo, una diversidad mineral claramente menor, además de una textura muy distinta. Los resultados obtenidos por difracción de rayos X apuntan a la presencia esencialmente de cuarzo, mica, caolinita y algo de clorita. El estudio con el SEM-EDS completa esta caracterización mostrando tres tipos de micas: fengita, moscovita y paragonita y algunos óxidos. No se han identificado granates, albita y aluminosilicatos como la andalucita y estauroлита que sí están presentes en el protolito. Desde el punto de vista textural son rocas heterométricas, con clastos de esquistos de menos de medio cm, inmersos en una matriz de grano muy fino. En imágenes de electrones retrodispersados de SEM (BSE) se observan algunas venas y zonas de matriz ricas en caolinita. En relación al contenido en elementos mayoritarios hay claras diferencias entre los esquistos y las brechas, con un incremento notable en SiO₂ (< 67 wt.% en el protolito y valores siempre > 76 wt.% en las brechas analizadas). El contenido en Al₂O₃ sin embargo, disminuye de 20 wt.% (protolito) a 8 wt.% (brechas) y también disminuye en las brechas el contenido en Fe₂O₃, MgO, Na₂O, K₂O y TiO₂.

En cuanto a los elementos traza, los contenidos son más altos en el protolito que en la brecha, especialmente en algunos elementos como Li, Cs, Sr, V, Cr, Ni, Cu, Zn, Ga, Nb, Ta, Sn, Pb y Th. De acuerdo con esto, cabe destacar que el factor de enriquecimiento (EF) calculado para el Pb es entre 3 y 8 para el protolito y para dos de las brechas (EF >3 indica enriquecimiento detectable respecto al contenido promedio de ese elemento en la corteza; Algeo y Tribovillard, 2009).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En general, las rocas afectadas por fallas muestran cambios texturales, químicos y mineralógicos respecto al protolito, acompañados en la mayoría de los casos por un cierto enriquecimiento en minerales de la arcilla. Este patrón es evidente en las rocas estudiadas aquí que, tras experimentar un metamorfismo regional de grado medio, con la formación de minerales como estauroilita, granates y andalucita y el desarrollo de una textura foliada, el metamorfismo dinámico las transforma en brechas de composición más silíceas y con más cuarzo y caolinita. La textura cataclástica de las brechas incrementa la permeabilidad de las rocas y esto pudo facilitar la circulación de fluidos de baja temperatura que contribuirían al lavado del material original con la disolución de minerales como la albita y la andalucita, favoreciendo en su lugar la cristalización de caolinita. Concretamente, en las imágenes BSE de las brechas se observa que la caolinita autigénica crece en poros y a lo largo de grietas formando venas. Además, la caolinita y otras fases de baja temperatura, como la esmectita, se han detectado incluso en los esquistos frescos, a pesar de que no son minerales acordes con las condiciones de formación de estos. De esto se puede concluir que la circulación de fluidos promovida por la falla no se restringe únicamente a la zona con presencia evidente de rocas de falla, sino que tiene un alcance mayor, como se observa en esquistos tomados a más de 50 m de las brechas. Estas observaciones destacan la importancia que pueden tener las fallas en procesos minerales retrógrados de baja temperatura de rocas metamórficas, ya descritos por Nieto et al. (2005) como retrodiagénesis. Los datos geoquímicos de elementos mayoritarios y trazas corroboran las alteraciones ligadas a la circulación de fluidos que, considerando el campo de estabilidad de la caolinita y de la esmectita, debieron caracterizarse por temperaturas < 200 °C. Ambas fases están también presentes en las cataclasitas carbonatadas previamente estudiadas y probablemente se formaron en una etapa relacionada con el final de la actividad hidrotermal de la falla.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto de Investigación PGC2018-094573-B-I00 del MCIU-AE/FEDER y los Grupos de Investigación RNM-179 y RNM-325 de la Junta de Andalucía.

REFERENCIAS

- Abad, I., Nieto, F., Reolid, M., Jiménez-Millán, J. (2022): Evidence of phyllosilicate alteration processes and clay mineral neof ormation promoted by hydrothermal fluids in the Padul Fault area (Betic Cordillera, SE Spain). *Appl. Clay Sci.*, **230**, 106669. DOI: 10.1016/j.clay.2022.106669.
- Aldaya, F., García-Dueñas, V., Navarro-Vila, F. (1979): Los Mantos Alpujárrides del tercio central de las Cordilleras Béticas. Ensayo de correlación tectónica de los Alpujárrides. *Acta Geol. Hisp.*, **14**, 154–166.
- Algeo, T.J., Tribovillard, N. (2009): Environmental analysis of paleoceanographic systems based on molybdenum–uranium covariation. *Chem. Geol.*, **268**, 211–225. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2009.09.001.
- Nieto, F., Mata, P., Bauluz, B., Giorgetti, G., Árkai, P., Peacor, D.R. (2005): Retrograde diagenesis, a widespread process on a regional scale. *Clay Miner.*, **40**, 93–104.
- Sanz de Galdeano, C., López-Garrido, A.C. (2003): Revisión de las Unidades Alpujárrides de las Sierras de Tejada, Almijara y Guájares (Sector Central de la Zona Internal Bética, Provincias de Granada y Málaga). *Rev. Soc. Geol. Esp.*, **16**, 135–149.