

Últimas fases de exhumación registradas en la falla de Bedmar - La Golondrina (Cordillera Bética)

Isabel Abad (*), Mario Sánchez-Gómez

Departamento de Geología y CEACTEMA. Universidad de Jaén. Campus Las Lagunillas, 23071, Jaén (España)

* autora de correspondencia: miabad@ujaen.es

Palabras Clave: Cemento carbonatado, Costra, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$. **Key Words:** Carbonate cement, Encrustation, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$.

INTRODUCCIÓN

Conocer los mecanismos de deformación que ocurren en las fallas y que pueden dar lugar a terremotos implica analizar cuidadosamente las fábricas de las rocas de falla. El estudio de estos materiales, que se realiza sobre muestras superficiales, se basa en rocas que han debido experimentar un proceso de exhumación, ya que los terremotos se originan a partir de una profundidad mínima de 2-3 km. Las fallas de salto en dirección o normales pueden exponer, debido a su funcionamiento, sus propias rocas de falla, pero las fábricas originadas en profundidad tendrán sobreimpuesta una fábrica desarrollada en condiciones más superficiales, que modificará en alguna medida los rasgos originales buscados. Esta comunicación pretende describir las últimas fases de funcionamiento de una falla esencialmente normal (Falla de Bedmar - La Golondrina, provincia de Jaén; Sanz de Galdeano et al., 2013), a través del estudio detallado de la evolución de su fábrica, incluyendo su mineralogía y composición isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$). El análisis microscópico de las diferentes pátinas que albergan las estrías de falla ha permitido plantear un modelo evolutivo de la falla durante las últimas fases de su exhumación hasta la actualidad, en un periodo que siempre deja su impronta, pero que no es habitualmente considerado.

CONTEXTO GEOLÓGICO Y MATERIALES

La Falla de Bedmar - La Golondrina (FBG) es una falla normal, aunque con una geometría y cinemática compleja que combina sobre el mismo plano estrías con diversa orientación (Sanz de Galdeano et al., 2013). La falla, de unos 3 km de longitud y orientación NW-SE, se dispone perpendicularmente al frente montañoso bético sobre la Cuenca del Guadalquivir oriental, dando lugar a un semigraben por el que circula el río Cuadros. La FBG pone en contacto un basamento relativo, las secuencias carbonatadas mesozoicas del paleomargen Sudibérico, con un relleno de materiales fundamentalmente arcillosos del Mioceno. La FBG se originó junto a otras similares en el borde sur de la cuenca durante el Mioceno tardío, aunque llega a afectar a depósitos coluviales del Holoceno (Jiménez-Espinosa & Jiménez-Millán, 2003). La elevación del bloque de muro ha expuesto el plano de falla, que forma un escarpe topográfico vertical continuo de hasta 6 m de altura. La expresión geomorfológica de la FBG y la presencia de actividad sísmica en sus proximidades, confirmarían su actividad reciente.

La investigación se ha centrado en el escarpe principal. El material de partida son carbonatos cretácicos. Los materiales muestreados además del protolito son: la roca de falla, diversos tipos de costras, desde negras hasta color crema, algunas estriadas, otras de hábito botroidal, más una brecha formada sobre el conjunto litológico anterior.

MÉTODOS

Para el muestreo se utilizó un taladro portátil con el que se tomaron pequeños testigos a lo largo de un perfil vertical por el escarpe del plano de falla y en distintos puntos donde se observó la presencia de costras. La caracterización mineralógica y química de las muestras se ha llevado a cabo en el Centro de Instrumentación Científico-Técnica de la Universidad de Jaén mediante difracción de rayos X (XRD), microscopía electrónica de barrido (SEM) y microfluorescencia de rayos-X (μXRF). La geoquímica de isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$) para estimar el origen de los fluidos circulantes se han realizado en el Centro Científico y Tecnológico de la Universidad de Barcelona mediante espectrometría de masas de relación isotópica (IRMS) en muestras del protolito, la roca de falla (cemento y matriz), costras estriadas y botroidales y cementos carbonatados estriados unos y fibrosos otros (perpendiculares al plano de falla y recubriendo fragmentos de la brecha).

RESULTADOS

El protolito es una roca caliza formada esencialmente por calcita y con contenido variable de microfósiles (foramíniferos, ostrácodos) correspondiente a una facies de grainstone peloidal y, en algunos casos, mudstone. El perfil vertical a lo largo del plano de falla, muestra una costra oscura que contrasta con el resto de materiales. Esta costra está formada por goethita, calcita y cuarzo y en las partes más anaranjadas, con aspecto limonítico, presenta además, hematites. En detalle, se observa que, puntualmente, bajo la costra oscura hay otro nivel de <1 mm de grosor de color blanco que la μ XRF muestra que es de naturaleza silíceo. Respecto a las brechas, los clastos de calcita son de bordes angulosos y tamaño variado (< 1mm a 1-2 cm) y en la matriz se han identificado también granos de cuarzo, venillas negras con pirita y marcasita y fracturas ocupadas por barita. Las imágenes de SEM del plano de falla ponen de manifiesto su escasa rugosidad, la presencia de microestrías y fracturas perpendiculares a estas en granos de calcita y cuarzo. Además, son frecuentes los espectros EDX que indican la presencia de C, Fe, Si y Al además de Ca y Mg.

Los resultados isotópicos muestran datos con diferentes firmas. Hay un grupo de datos correspondientes al protolito, los clastos y matriz de las brechas de falla, que no muestran evidencias de interacción roca-fluido, con valores de $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) y $\delta^{18}\text{O}$ (SMOW) que oscilan entre 2,7 y 0,8 ‰ y 28,7 y 34,6 ‰ respectivamente. Hacia valores isotópicos más bajos, hay otro grupo de datos correspondiente a las costras oscuras estriadas, con valores $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ que oscilan entre -3,8 y -7,5 ‰ y 28,9 y 24,7 ‰ respectivamente. Por último, se puede establecer un tercer grupo que engloba los datos isotópicos correspondientes a las costras botroidales y los cementos carbonatados (el de la brecha, el estriado y el fibroso) con valores $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ que oscilan entre -6,8 y -10,9 ‰ y 26,6 y 23,3 ‰ respectivamente. Los valores isotópicos más bajos corresponden al cemento fibroso.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La acción erosiva y la dinámica de la FBG han provocado la exhumación del plano de falla original. La etapa inicial registrada corresponde a la brechificación, restringida en el bloque de muro a pocos centímetros. Coetánea con esta fase se produce la primera costra oscura estriada, que se asocia a una circulación de fluidos a través de canales preferentes con precipitación de goethita. La presencia de sulfuros en algunas venillas de las brechas de falla, como la marcasita, apunta a un origen hidrotermal, poco oxidante y relativamente profundo de los fluidos. Conforme el bloque de muro asciende, la presión disminuye, abriéndose incipientes huecos que permiten la precipitación de goethita botroidal que, no obstante, aparece parcialmente estriada. En esta fase también precipitan costras carbonatadas de color crema, que indican una somerización en el origen del fluido. A partir de este momento, las costras no se ven estriadas, es decir, que el desplazamiento de la falla se va trasladando a nuevos planos en el bloque de techo, como sería esperable en una falla lítrica. Esto permite una apertura a lo largo de la falla original y la formación de una brecha de aspecto kárstico con fragmentos centimétricos que aparecen cementados por carbonatados fibrosos. Mientras que los datos isotópicos del protolito apuntan a su origen marino-somero, los correspondientes a las costras y cementos son notablemente distintos. Estos sugieren una fuente mixta, hipogénica y supergénica de fluidos kársticos. Los valores isotópicos del C < -4 ‰ son indicativos de un origen orgánico vegetal (Sharp, 2007) por lo que se puede estimar que por la zona de falla circuló agua de naturaleza meteórica procedente de suelos ricos en materia orgánica que intervinieron en la precipitación de los distintos tipos de cementos carbonatados descritos y las costras botroidales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los Proyectos de Investigación PGC2018-094573-B-I00 y PGC2018-100914-B-I00 del MCIU-AEIFEDER y el Grupo de Investigación RNM-325 de la Junta de Andalucía.

REFERENCIAS

- Jiménez-Espinosa, R. & Jiménez-Millán, J. (2003): Calcrete development in mediterranean colluvial carbonate systems from SE Spain. *J. Arid Environ.*, **53**, 479-48. DOI: 10.1006/jare.2002.1061.
- Sanz de Galdeano, C., García-Tortosa, F.J., Peláez, J.A. (2013): Estructura del Prebético de Jaén (Sector de Bedmar). Su relación con el avance del Subbético y con fallas en el basamento. *Rev. Soc. Geol. Esp.*, **26**, 55-68.
- Sharp, Z. (2007): *Principles of Stable Isotope Geochemistry*. Pearson Prentice Hall, 344 p.