

# Análisis de la composición mineralógica de una zona de falla en Ciudad Rodrigo, Salamanca

Iván Balboa (1), Mercedes Suárez (1\*), Juan Gómez-Barreiro (1), Emilia García-Romero (2,3)

(1) Departamento de Geología. Universidad de Salamanca, 37008, Salamanca (España)

(2) Instituto de Geociencias (IGEO). Universidad Complutense de Madrid – Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 28040, Madrid (España)

(3) Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid (España)

\* Corresponding author: msuarez@usal.es

**Palabras Clave:** Zona de falla, zona de daño, harinas de falla, arcillas. | **Key Words:** Fault zone, damage zone, fault gouge, clay.

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo, se ha analizado la variación mineralógica asociada a una zona de falla regional tardi-varisca de dirección NE-SW, localizada en el entorno de Ciudad Rodrigo (Díez Fernández et al., 2013), empleando difracción de Rayos-X. Los mecanismos de deformación que operan en zonas de falla frágiles no son del todo conocidos, debido en gran parte a la naturaleza arcillosa de los productos generados durante su actividad. De manera paralela concurren procesos de interacción con fluidos superficiales y profundos que enmascaran o catalizan transformaciones minerales, muy a menudo de interés económico. La visión que se tiene de las fallas ha evolucionado en los últimos años hacia modelos de arquitectura compleja (Wibberley et al., 2008), donde en el caso general es posible identificar una zona principal de acumulación del desplazamiento, o zona de núcleo (ZN), rodeada de un volumen variable de roca encajante afectada por la actividad de la falla, denominada zona de daño (ZD). La delimitación de la zona de núcleo y la de daño es controvertida, principalmente en el caso de la segunda, y es preciso establecer criterios objetivos y cuantificables para la identificación del límite que separa el volumen de roca afectado por la actividad de la falla (Choi et al., 2016). Conociendo la arquitectura y los productos de la deformación, es posible avanzar en la comprensión y/o predicción del comportamiento hidrodinámico y geomecánico de estas estructuras, críticas tanto en obra civil, como en exploración de recursos naturales.

## METODOLOGÍA

Se recogieron un total de 18 muestras en dos cortes transversales a la falla (Tabla 1) tomando como referencia el trazado principal de la misma y su análisis estructural detallado, que muestra una naturaleza anastomosada con una rama principal (Falla 1) y otra secundaria (Falla 2), ambas ligadas desde el punto de vista cinemático. El estudio de la composición mineralógica se ha llevado a

cabo por difracción de Rayos-X, con un difractorio de la marca Bruker D8-Advance-ECO sobre las muestras pulverizadas en mortero manual de ágata, y sobre los agregados orientados de la fracción menor de 2  $\mu\text{m}$  en ambiente normal, solvatados con etilén-glicol y calentados a 550  $^{\circ}\text{C}$  durante 2 horas.

Muestra	Descripción	D (m)	
Protolitos	GB-CR-1	Pizarras (algo arenosas)	
	GB-CR-2	Granito biotítico porfídico	
Falla 2	GB-CR-3	Harina de falla (ZN)	0
	GB-CR-4	Cataclasis (ZN)	0.07
	GB-CR-5	Brecha (ZN)	0.5
	GB-CR-6	Harina de falla (ZN)	1.05
	GB-CR-7	Pizarra (ZD)	1.55
	GB-CR-8	Pizarra (ZD)	2.05
	GB-CR-9	Pizarra (ZD)	2.7
	GB-CR-10	Pizarra (ZD)	3.6
Falla 1	GB-CR-11	Pizarra (ZD)	45
	GB-CR-12	Pizarra (ZD)	28
	GB-CR-13	Pizarra (ZD)	17
	GB-CR-14	Pizarra (ZD)	1
	GB-CR-15	Granito dañado/alterado (ZD)	-37
	GB-CR-16	Pizarra dañada (ZD)	-30
	GB-CR-17	Harina de falla (ZN)	20
	GB-CR-18	Filonita s-c (ZN)	15

Tabla 1. Descripción de las muestras tomadas en el campo. Se indica la ubicación de la muestra en zona de núcleo (ZN) o de daño (ZD). D(m), distancia al plano de falla en metros. Las pizarras de ZD contienen microfracturas y venas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras están compuestas principalmente por cuarzo, feldespatos y distintos filosilicatos. El protolito pizarroso (GB-CR-1) presenta mica y clorita como principales minerales junto con cuarzo. El granito aparentemente no deformado (GB-CR-2), considerado protolito de algunas de las rocas de falla, está constituido por cuarzo, feldespatos y filosilicatos, principalmente mica junto con pequeñas cantidades de caolinita y clorita. Además de estos filosilicatos, en todas las muestras estudiadas, se identifica un interestratificado que

contiene una importante proporción de láminas cloríticas (Fig. 1) junto con un componente esmectítico. En las muestras clasificadas como protolito aparece en muy pequeña proporción, mientras que llega a ser mayoritario en las zonas de núcleo (ZN).

Las variaciones mineralógicas más importantes se dan dentro de los filosilicatos. Considerando la proporción relativa entre los distintos minerales y el tipo de interestratificado, se pueden diferenciar claramente los protolitos, las muestras de zona de núcleo (ZN) y las de zona de daño (ZD), puesto que dentro de cada grupo las muestras son muy parecidas. La proporción del interestratificado es mayor en la zona de núcleo y además éste presenta mayor contenido en láminas de naturaleza esmectítica.

La presencia de pequeñas cantidades del interestratificado en las dos rocas consideradas como protolito indica que dichas rocas han sido también afectadas por la falla. Por este motivo, debe ampliarse el muestreo hasta localizar los verdaderos protolitos.

Todas estas observaciones sugieren que las cloritas presentes en el protolito pizarroso (GB-CR-1) se han alterado dando lugar a esmectitas, vía interestratificado clorita-esmectita, debido probablemente a la circulación de fluidos de tipo hidrotermal en la falla. La comparación del protolito granítico (GB-CR-2) y del granito dañado (GB-CR-15) arroja similares conclusiones, apuntando a una posible influencia de la actividad de la falla en el granito considerado inalterado.

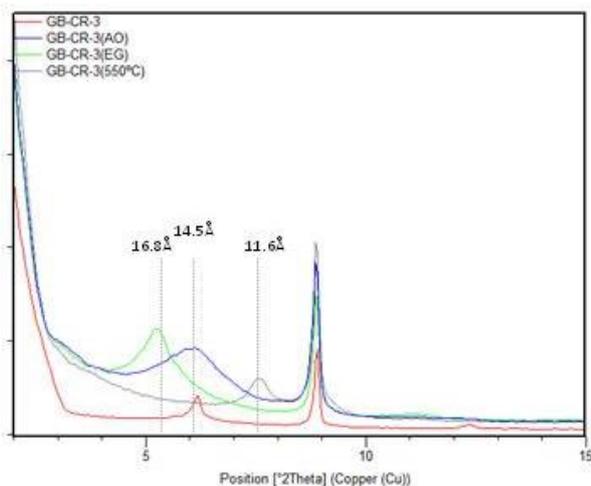


Fig. 1. Diffractogramas de la muestra GB-CR-3 pulverizada, del agregado orientado en ambiente normal (AO), con etilén-glicol (EG) y calentado a 550 °C (550°C).

En la Fig. 2, se puede observar como, con excepción de la muestra GB-GR-18 (filonita de la falla principal), las muestras se agrupan en rocas de zona de núcleo y rocas de zona de daño, separándose claramente los dos grupos. Las rocas de zona de núcleo contienen mayor proporción de cuarzo y menor contenido en filosilicatos que las pizarras muestreadas en la zona de daño. Es preciso realizar estudios texturales y microtexturales para

poder saber si el mayor contenido de cuarzo es motivado por un enriquecimiento relativo por pérdida de filosilicatos (asociada a su disolución y transformación en relación con la fracturación y circulación de fluidos) o por un enriquecimiento en sílice y precipitación de cuarzo en relación con la circulación de fluidos.

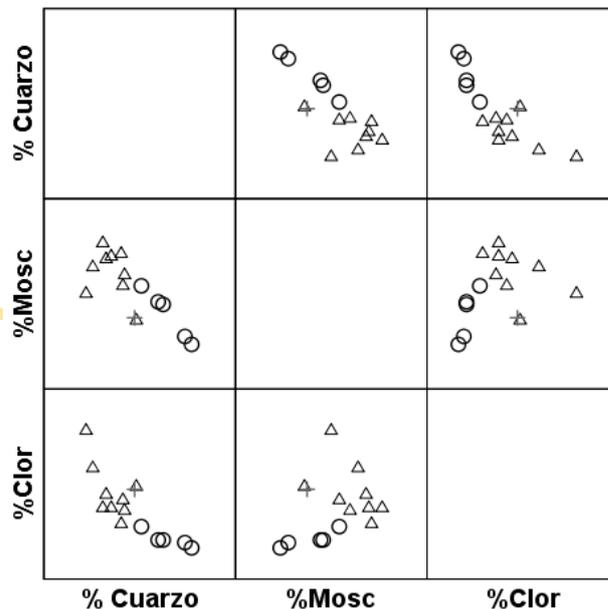


Fig. 2. Matriz de gráficos binarios de contenidos en cuarzo, moscovita y clorita. Círculo: muestras de zona de núcleo. Triángulo: muestras de zona de daño. Cruz: filonita.

## CONCLUSIÓN

El estudio mineralógico comparado de zonas de núcleo y de daño de una falla tardi-varisca pone de manifiesto la transformación progresiva sufrida por los filosilicatos: desde cloritas+illita en el protolito a esmectitas en las zonas de núcleo más maduras (harina de falla). A falta de completar los estudios microtexturales, la presencia y el tipo de interestratificado esmectita-clorita en las zonas de daño podría considerarse una marca de la influencia remota de la actividad de la falla.

## REFERENCIAS

- Choi, J. H., Edwards, P., Ko, K., Kim, Y. S. (2016): Definition and classification of fault damage zones: A review and a new methodological approach. *Earth Sci. Rev.* 152: 70-87.
- Diez Fernández, R., Gómez Barreiro, J., Martínez Catalán, J. R., Ayarza, P., (2013): Crustal thickening and attenuation as revealed by regional fold interference patterns: Ciudad Rodrigo basement area (Salamanca, Spain). *J. Struct. Geol.* 46: 115-128.
- Wibberley, C. A. J., Kurz, W., Imber, J., Holdsworth, R. E. y Colletini, C. (2008): The Internal Structure of Fault Zones: Implications for Mechanical and Fluid-Flow Properties. 299, 5-33. *Geol. Soc. London*, vol. 299.