

# Evolución textural y mineralógica de la zona de cizalla de un deslizamiento profundo. El caso del gran deslizamiento de El Forn de Canillo (Andorra)

Carolina Seguí (\*), Esperança Tauler

Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada. Facultat de Ciències de la Terra. Universitat de Barcelona, Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona (España)

\* corresponding author: [carolina.segui@ub.edu](mailto:carolina.segui@ub.edu)

**Palabras Clave:** Deslizamiento, Filosilicatos, Textura, Zona de cizalla. **Keywords:** Fabric, Landslide, Phyllosilicates, Shear band.

## INTRODUCCIÓN

La textura y la mineralogía de los materiales de la zona de cizalla de un gran deslizamiento de ladera son cruciales para estudiar el comportamiento de estabilidad de los materiales. Muchas zonas de cizalla de deslizamientos de ladera profundos (por debajo de las raíces de los árboles) están formadas por materiales arcillosos con alto contenido en filosilicatos (> 50 % en peso). La orientación de los cristales de filosilicatos con habito tabular modifica el comportamiento mecánico del material: si los contactos entre los cristales son cara-cara el material tiende a moverse fácilmente, en cambio si los contactos son cara-vértice, o vértice-vértice el material presenta una mayor resistencia a deslizar (Tchalenko, 1968; Chester & Logan, 1987; Labaume et al., 1997; Colletini et al., 2009). En este estudio presentamos la evolución mineralógica y textural en profundidad, fuera y dentro de la zona de cizalla, de los testigos de dos sondeos realizados en distintos puntos del gran deslizamiento de El Forn de Canillo (Andorra). Los materiales que afloran en la ladera del gran movimiento del Forn de Canillo son de edad paleozoica (pizarras negras arcillo-carbonosas y ferruginosas con filones de cuarzo silurianas y calizas alternadas con esquistos negros devonianas) y cuaternaria (coluvión de los distintos deslizamientos de origen glacial y aluvial). Estos materiales aparecen formando estrechas bandas plegadas, de disposición E-W. La vergencia de los pliegues es hacia el Sur, mientras que la esquistosidad buza notablemente hacia el Norte, disponiéndose localmente vertical.

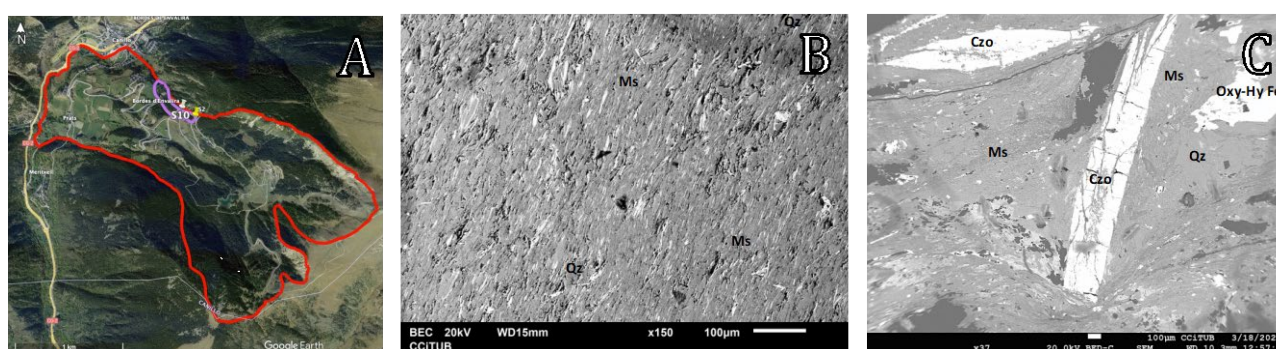
El gran deslizamiento de El Forn de Canillo (Fig. 1A) tiene aproximadamente 300Mm<sup>3</sup> de masa deslizante con dos zonas de mayor velocidad de desplazamiento (Corominas & Alonso, 1984; Corominas et al., 2013). Una de esas zonas es el lóbulo de Cal Ponet-Cal Borronet (Fig. 1A) que es un deslizamiento profundo con una masa deslizante de aproximadamente 1 Mm<sup>3</sup> y la zona de cizalla situada a 29 m de profundidad. La caracterización de los materiales se ha realizado con la técnica de difracción de rayos X según el método de polvo y microscopía electrónica de barrido (MEB). El objetivo de este trabajo es caracterizar la mineralogía de los materiales de la zona de cizalla y establecer correlaciones entre la microestructura de los filosilicatos y la respuesta macroscópica del deslizamiento de tierras.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sondeos estudiados del lóbulo de Cal Ponet-Cal Borronet se denominan S10 y S2, con una distancia entre ellos de 190 m y una diferencia de altitud de 66 m, estando el S2 por encima del S10 y en la cabecera del lóbulo (Fig. 1A). En el sondeo S10 los datos inclinométricos muestran la zona de cizalla a 29 m de profundidad, aproximadamente, y en el sondeo S2 a unos 26 m de profundidad. Las muestras del S10 presentan por encima de la zona de cizalla un 80 % en peso de filosilicatos (moscovita, clorita y paragonita) y 20 % en peso de cuarzo. La zona de cizalla contiene un 76 % en peso de los mismos filosilicatos y 24 % en peso de cuarzo y debajo de la zona de cizalla las pizarras contienen los mismos porcentajes de cuarzo y filosilicatos que dentro de la zona de cizalla (Seguí et al., 2021). Las imágenes (MEB) muestran que hay una evolución textural de los filosilicatos: por encima y por debajo de la zona de cizalla no hay orientación definida y los filosilicatos presentan contactos cara-vértice, y vértice-vértice, en cambio la textura de la muestra de la zona de cizalla (Fig. 1B) presenta los filosilicatos completamente orientados en dirección paralela al movimiento de cizalla y con los contactos cara-cara (Seguí et al., 2021). Las muestras del sondeo S2 (por encima del sondeo S10) presentan una mineralogía distinta a la del S10, aunque siguen siendo pizarras negras

del Silúrico. Los resultados muestran que por encima de la zona de cizalla hay un 68,6 % en peso de filosilicatos (moscovita y clorita), 4,7 % en peso de calcita, 8,3 % en peso de cuarzo, 7,6 % en peso de goethita, 4,5 % en peso de grafito, 3,3 % en peso de albita y, también, indicios de clinozoisita. En la zona de cizalla hay un 45,2 % en peso de filosilicatos (moscovita y clorita), 16,2 % en peso de clinozoisita, 15,4 % en peso de cuarzo, 7,5 % en peso de calcita, 5 % en peso de plagioclasa, 5 % en peso de grafito y 4 % en peso de goethita. Debajo de la zona de cizalla el material contiene 67,2 % en peso de filosilicatos (moscovita y clorita), 23 % en peso de cuarzo, 5,2 % en peso de goethita e indicios de calcita, plagioclasa, grafito y clinozoisita. El estudio textural de las muestras del sondeo S2 (Fig. 1C) muestran poca orientación de los minerales por encima de la zona de cizalla, orientación de los filosilicatos paralela a la dirección de cizalla y grandes cristales de clinozoisita en la zona de cizalla y, finalmente, debajo de la zona de cizalla el material presenta una cierta orientación de los cristales paralela a la dirección de cizalla.

Debido a la tectónica compleja de la zona, los resultados muestran diferentes composiciones mineralógicas, principalmente por la presencia de grandes cristales de clinozoisita en el sondeo S2. En cambio, en la zona de cizalla los filosilicatos de las muestras del sondeo S2 y S10 presentan una misma textura con los cristales de filosilicatos orientados en la dirección del movimiento del lóbulo y con la mayoría de los contactos cara-cara en los cristales.



**Fig 1.** A) Deslizamiento de El Forn de Canillo en rojo y Lóbulo de Cal Ponet-Cal Borronet en lila con los sondeos del estudio, S10 y S2. B) Imagen MEB del sondeo S10 entre 29,00 y 29,50 m de profundidad. C) Imagen MEB del sondeo S2 a 26,00 m de profundidad.

## AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i PID2019-105625RB-C21 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/.

## REFERENCIAS

- Chester, F.M. & Logan, J.M. (1987): Composite planar fabric of gouge from the Punchbowl Fault, California. *J. Struct. Geol.*, **9**, 621–634.
- Collettini, C., Niemeijer, A., Viti, C., Marone, C. (2009): Fault zone fabric and fault weakness. *Nature*, **462**, 907–910. DOI: 10.1038/nature08585.
- Corominas, J. & Alonso, E. (1984): Inestabilidad de laderas en el Pirineo catalán: tipología y causas. *Jornadas Inest. Laderas en el Pirineo*. C1-C53. Barcelona.
- Corominas, J., Iglésias, R., Aguasca, A., Mallorquí, J.J., Fàbregas, X., Planas, X., Gili, J.A. (2013): Consideraciones sobre el deslizamiento del Forn de Canillo (Principat d'Andorra) a partir de datos de interferometría radar y nuevas observaciones sobre el terreno. VIII Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Palma de Mallorca, 2013.
- Labaume, P., Maltman, A.J., Bolton, A., Tessier, D., Ogawa, Y., Takizawa, S. (1997): Scaly fabrics in sheared clays from the décollement zone of the Barbados accretionary prism. *Proc. Ocean Drill. Prog. Sci. Results*, 156.
- Seguí, C., Tauler, E., Planas, X., Moya, J., Veveakis, M. (2021): The interplay between phyllosilicates fabric and mechanical response of deep-seated landslides. The case of El Forn de Canillo landslide (Andorra). *Landslides*, **18**, 145–160. DOI: 10.1007/s10346-020-01492-6.
- Tchalenko, J.S. (1968): The evolution of kink-bands and the development of compression textures in sheared clays. *Tectonophysics*, **6**, 159–174.