

Efecto de la Formación de Esmectita por Circulación Hídrica en Zonas de Falla en el Desarrollo de Deslizamientos en Obras Civiles

/ MERCEDES RUIZ CÓRDOBA (1), JUAN JIMÉNEZ MILLÁN (1, *), ROSARIO JIMÉNEZ ESPINOSA (1), ISABEL ABAD (1)

(1) Departamento de Geología. Universidad de Jaén. Campus Universitario. Edificio B-3. 23071, Jaén (España)

INTRODUCCIÓN.

Las rocas de falla generadas en zonas de falla frágiles superficiales suelen caracterizarse por contener fragmentos de roca triturada mezclados con una proporción variable de minerales neoformados que en muchas ocasiones pertenecen al grupo de los minerales de la arcilla. La caracterización mineralógica y geoquímica de los minerales de la arcilla suele proporcionar una información decisiva sobre la fuente y los movimientos de los fluidos a lo largo de la zona de falla. Además, independientemente de su origen autigénico o mecánico, los minerales de la arcilla de las fallas juegan un papel importante en el control del flujo hídrico a nivel regional y en el comportamiento mecánico de los materiales de las zonas de falla. En este sentido, la concentración de arcilla producida como consecuencia de los procesos que ocurren en las zonas de falla puede incidir en las propiedades geotécnicas de materiales geológicos en zonas de ladera que se someten a obras civiles.

En este trabajo se estudia la influencia de los procesos de circulación hídrica y neoformación de arcillas asociados a zonas de falla en el desarrollo de deslizamientos durante la ejecución de obras civiles, tomando como ejemplo los movimientos de ladera producidos en la remodelación de la carretera que une las localidades de Jaén y Los Villares (provincia de Jaén).

CONTEXTO GEOLÓGICO.

El área de estudio se localiza en la Cordillera Bética, en la zona de contacto de la Unidad de Jabalcuz (Unidades Intermedias) con la Unidad de Jaén (Prebético). Se trata de una zona compleja e intensamente fracturada con un importante flujo de agua

subterránea.

La Unidad del Jabalcuz es una secuencia jurásica monoclinial buzante al sur y cabalgando hacia el norte sobre materiales prebéticos cretácicos. Los materiales estudiados se localizan en la base de esta unidad (Jurásico Inferior). Se trata de calizas y dolomías que dan lugar al denominado acuífero del Lias de Jabalcuz. El sustrato impermeable lo forman principalmente los materiales margosos del Cretácico Inferior. La estructura interna de la Unidad de Jabalcuz está afectada por una familia de fallas de dirección N-S y N30E de carácter distensivo, entre las que destaca la que pasa por el Balneario de Jabalcuz. El flujo subterráneo de esta unidad se dirige hacia el este drenando a través del manantial termal de los Baños de Jabalcuz, con un caudal medio de 3 l/s y puntas del orden de 1 m³ y el de Los Prados, con un caudal medio de 34 l/s (ITGE-DPJ, 1997).

Los materiales del Prebético de la Unidad Jaén que afloran en el área de estudio corresponden a diferentes tipos de calizas, que forman un pliegue anticlinal de dirección E-W. Aparecen dispuestas, por contacto mecánico, sobre materiales impermeables margocalizos del Cretácico inferior y margosos del Mioceno. Estos carbonatos constituyen el denominado acuífero de la Peña de Jaén, cuyo flujo principal se dirige hacia el este, descargando por el manantial del La Peña en cantidades del orden del hm³/año.

La remodelación de la carretera que atraviesa estos materiales, y que une las localidades de Jaén y Los Villares, ha producido deslizamientos que se localizan asociados a las zonas de falla con surgencias de acuíferos que afectan a estas unidades.

ASOCIACIONES MINERALES.

Los datos de difracción de rayos-X indican que la asociación mineral predominante en las muestras de las unidades de Jabalcuz y del Prebético de Jaén está formada por calcita, cuarzo y dolomita, pequeñas cantidades de esmectita y caolinita y trazas de illita. La esmectita, con un d_{001} de 14.6 Å se expande a 16.7 Å después del tratamiento con etilén-glicol (Fig. 1A). Estas fases han sido analizadas en el TEM mediante microanálisis AEM. Los análisis obtenidos ponen de manifiesto la presencia de esmectitas aluminicas y en, algunos casos, illitas ($K=0.2-0.63$ átomos por fórmula unidad, a.p.f.u.), cuya composición interlaminar con la presencia de Ca (<0.2 a.p.f.u.) sugiere la presencia en su estructura de capas de naturaleza esmectítica. La presencia de Na es puntual y con contenidos medios de 0.2 a.p.f.u. El Al oscila entre 2-2.70 a.p.f.u. y los contenidos en Fe+Mg, con un amplio rango (0.18-0.76 a.p.f.u.) ponen de manifiesto, en algunos análisis, la presencia de cierto componente ferrimoscovítico.

Las muestras de las zonas de falla presentan un notable enriquecimiento en filosilicatos. La esmectita, con un d_{001} de 14.1 Å que se expande a 16.5 Å después del tratamiento con etilén-glicol, es la fase más abundante (Fig. 1B). Su fórmula estructural normalizada a 22 cargas se caracteriza por contenidos en Si >3.5 a.p.f.u. y en Fe+Mg entre 0.4-0.8 a.p.f.u. siendo en la mayoría de los casos, el contenido en Fe ligeramente superior al del Mg. El contenido en la interlámina oscila entre 0.15-0.55 a.p.f.u. con participación de Ca, K y Na en proporciones parecidas. Se trata de esmectitas dioctaédricas con contenidos en Al que oscilan entre 1.45-2.05 a.p.f.u.

Las imágenes de SEM de las arcillas de

palabras clave: Filosilicatos, Fracturas, Alteración, Movimiento de masas.

key words: Phyllosilicates, Fractures, Alteration, Mass movements.

resumen SEM 2009

* corresponding author: jmillan@ujaen.es

las rocas de falla muestran numerosas estructuras de cizalla y nucleación de planos de fractura con estrías.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

El estudio combinado mediante difracción de rayos-X y microscopía electrónica (SEM y TEM) sugiere que debido al fallamiento y a la circulación hídrica asociada tuvo lugar un crecimiento significativo de minerales de la arcilla en las rocas estudiadas. El enriquecimiento en esmectita de las rocas de falla y las diferencias composicionales (fundamentalmente en Al) entre los filosilicatos de las rocas de falla y los de los materiales de las secuencias estratigráficas apoyan esta idea.

La presencia de esmectita tiene un papel fundamental en el comportamiento geotécnico de materiales geológicos en zonas de ladera que se someten a obras civiles. De este modo, la plasticidad, la compresibilidad y la capacidad de hinchamiento se incrementa al aumentar el porcentaje de esmectita en dichos materiales (Grim, 1949, Seed et al., 1962, Terzaghi & Peck, 1967). Además, los materiales ricos en esmectitas (Yilmaz & Karacan, 2002) cambian drásticamente sus propiedades geotécnicas cuando se saturan en agua, aproximando su comportamiento al de un fluido, lo cual permite que sean capaces de fluir sobre pendientes muy suaves o por pequeños esfuerzos.

El incremento de la cantidad de esmectita a favor de los planos de falla por los que se produce una concentración de la circulación hídrica genera niveles de discontinuidad mecánica en las secuencias carbonatadas de la región. En estas condiciones de saturación de agua, los materiales arcillosos de las zonas de falla sufren un considerable aumento de volumen, provocando fracturas de tensión que producen la separación de bloques susceptibles de deslizarse. De este modo, los movimientos de ladera se concentran especialmente en las zonas de falla con circulación hídrica como consecuencia de la enorme reducción de los valores de resistencia a la cizalla de las esmectitas en dichas condiciones.

AGRADECIMIENTOS.

Trabajo financiado por el grupo RNM-325 de la Junta de Andalucía y el

proyecto CGL2007-66744-C02-02 del Ministerio de Educación y Ciencia.

REFERENCIAS.

- Grim, R.E. (1949): *Mineralogical composition in relation to the properties of certain soils*, *Geotechnique*, **1**, 139–147.
 ITGE-DPJ (1997): *Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Jaén*.
 Seed, H.B., Woodward, R.J., Lundgren R.

(1962): *Prediction of swelling potential for compacted clays*, *Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 57–87.

Terzaghi, K. & Peck, R.B. (1967): *Soil mechanics in engineering practice*, John Wiley and Sons, New York.

Yilmaz, I. & Karacan, E. (2002): *A landslide in clayey soils: an example from the Kizildag region of the Sivas-Erzincan highway (Sivas-Turkey)*, *Environmental Geosciences* **9**, 35–42.

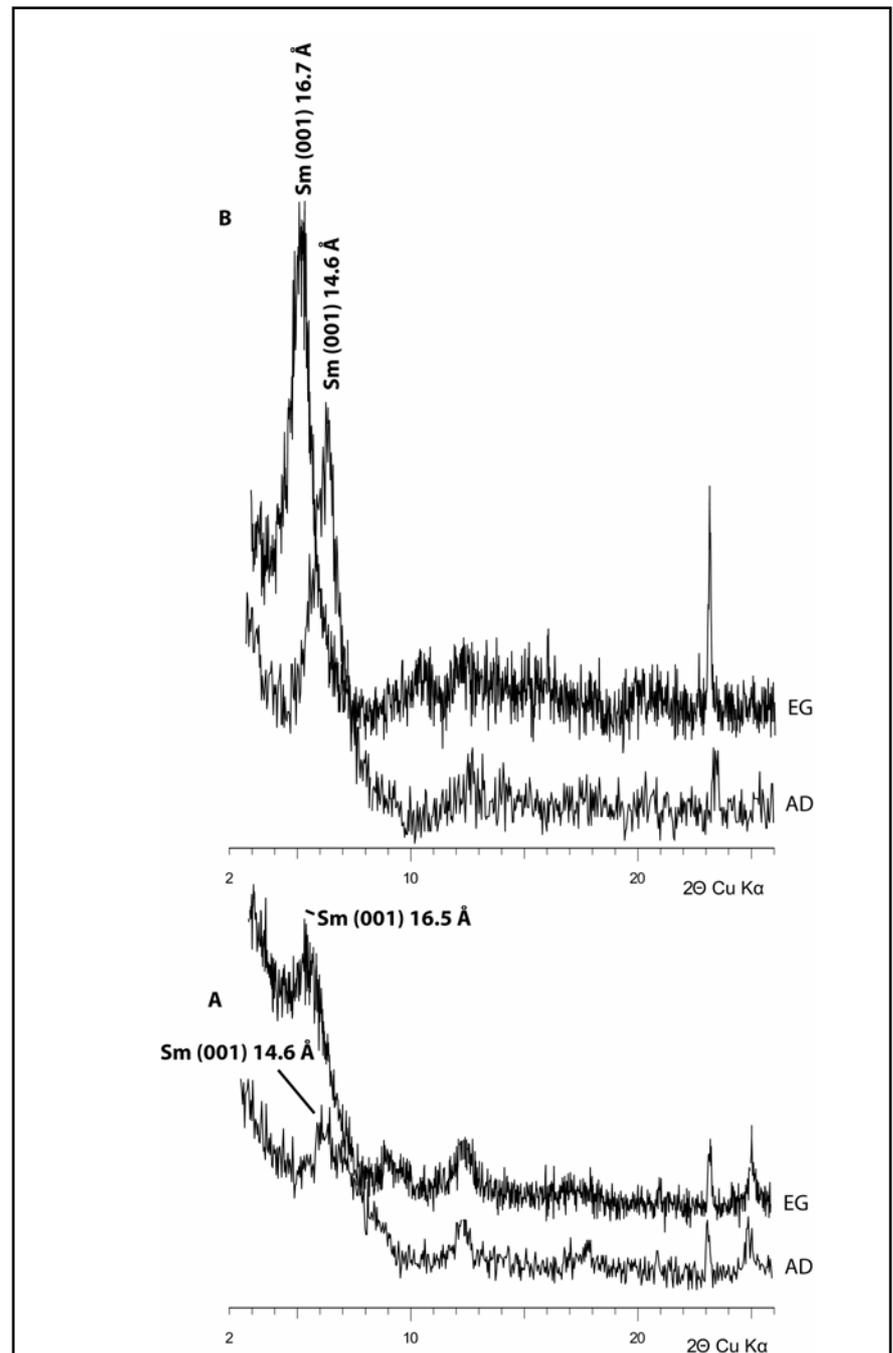


fig. 1. Difractogramas de agregados orientados representativos de las muestras estudiadas. A: materiales no fallados. B: rocas de falla. AD: muestra seca al aire. EG: muestra tratada con ethylene glycol. Sm: esmectita.