

Estudio Microtextural y de Propiedades Geotécnicas de Bentonitas

/ BEATRIZ MARTÍN-PUIG (1), ADRIANA GÓMEZ-ESTACA (2), MARIANO YENES (1), EVA M^a MANCHADO MACÍAS (1), MERCEDES SUÁREZ (1), EMILIA GARCIA-ROMERO (2,*)

(1) Departamento de Geología. Universidad de Salamanca. Plaza de la Merced s/n. 37008, Salamanca (España).

(2) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Geología. Universidad Complutense de Madrid. 28040, Madrid (España)

INTRODUCCIÓN.

Los minerales del grupo de la esmectita, como es bien sabido, son los responsables del comportamiento expansivo de los denominados “suelos difíciles” en Geotecnia. Los factores fundamentales que controlan el fenómeno de la expansión están relacionados con las propiedades cristal químicas de las esmectitas y con la microtextura de la roca. Este trabajo presenta los resultados preliminares del estudio comparativo microtextural antes y después de los ensayos geotécnicos de bentonitas con un elevado contenido en esmectitas.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se han estudiado 6 muestras. Dos de ellas proceden de los yacimientos de bentonitas de la zona sur de España (Cabo de Gata), concretamente de los yacimientos “Cortijo de Archidona” (COR) y “Serrata de Nijar” (SER). Tres muestras proceden de los yacimientos de Bentonitas de la Cuenca de Madrid. La muestras VER y ROS se recogieron en una cantera de bentonitas situada en la base del Cerro del Aguila. La muestra TAJ procede de la misma formación arcillosa y ha sido proporcionada por la empresa TOLSA. Por último, la muestra denominada WYO procede del yacimiento de bentonitas sódicas de Wyoming (EEUU), es una muestra de referencia suministrada por el Clay Repository.

Se ha realizado una completa caracterización mineralógica de los materiales de partida mediante difracción de Rayos-X siguiendo la metodología habitual (roca total, agregado orientado, agregado orientado glicolado y calentado a 550°C). Se ha calculado la fórmula estructural de las esmectitas a partir de los datos de análisis puntuales obtenidos por microscopía electrónica de transmisión,

en un equipo JEOL 2000 FX (con portamuestras de doble inclinación, voltaje de aceleración de 200 kV y resolución de 0.31 nm) equipado con un sistema de análisis OXFORD ISIS con espectrómetro de energías dispersivas de rayos-X (136 eV de resolución a 5.39 KeV) y su propio software para el análisis cuantitativo.

El estudio microtextural se ha realizado mediante microscopía electrónica de barrido (MEB) y la realización de isothermas de adsorción-desorción de nitrógeno. La microscopía electrónica se ha realizado en el CAI Luis Bru de la UCM. El equipo utilizado ha sido un JEOL JSM-6330F (Field Emisión Scanning Electron Microscope). Se ha trabajado con 10 kV, wd 15 mm y SEI. Se han calculado la superficie específica, superficie de microporos y superficie externa de las muestras, así como la distribución del tamaño de poros a partir de los datos de adsorción-desorción de N₂ obtenidos en un equipo Micromeritics ASAP 201, desgasificando las muestras en el propio aparato a 105°C durante 4 horas.

Se han realizado los siguientes ensayos

geotécnicos normalizados: límites de Atterberg (AENOR, 1996: UNE 103103. 1994; UNE 103104: 1993), densidad relativa de partículas (AENOR, 1996: UNE 103302: 1994), expansividad en dispositivo Lambe (AENOR, 1996: UNE 103600:1996), hinchamiento libre en edómetro (AENOR, 1996: UNE 103601: 1996) y presión de hinchamiento en edómetro (AENOR, 1996: UNE 103602: 1996). El tratamiento estadístico de los datos se ha realizado con el programa SPSS v.18.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Como puede verse en la Fig. 1, todas las muestras son esmectitas de gran pureza. Únicamente las muestras VER y WYO tienen pequeñas cantidades de cuarzo y la VER, además, algo de illita y caolinita. Con respecto a la cristalinidad hay dos tipos de muestras: COR, TAJ y SER son esmectitas de buena cristalinidad, con Índice de Biscaye entre 0.7-0.8, mientras que las otras tres muestras (VER, ROS y WYO) tienen cristalinidad baja, especialmente la muestra denominada ROS en la que, como puede observarse apenas se

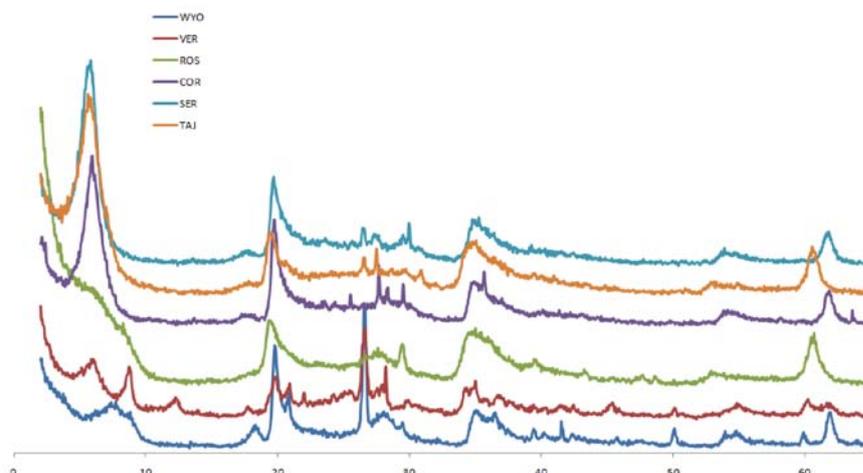


fig 1. Difractogramas de las muestras estudiadas.

palabras clave: Bentonita, Microtextura, Propiedades geotécnicas

key words: Bentonite, Microtexture, Geotechnical properties.

identifican reflexiones basales.

El valor de la reflexión 060 permite identificar el carácter di- o trioctaédrico de las esmectitas. Las muestras WYO, SER y COR son esmectitas dioctaédricas (SER y WYO montmorillonita y COR montmorillonita-beidellita), mientras que TAJ, ROS y VER son trioctaédricas (TAJ y VER saponitas y ROS estevensita) de acuerdo con las fórmulas estructurales obtenidas por AEM.

Los datos obtenidos a partir de las isotermas de adsorción-desorción de N₂ son muy diferentes a pesar de tratarse de esmectitas de gran pureza. La superficie BET varía entre 32 m²/g y 267 m²/g (muestras WYO y ROS, respectivamente). En todas las muestras hay una mayor participación de superficie externa que de microporos, estando el porcentaje de microporosidad entre el 20 y el 40%. Hay una diferencia importante en los ciclos de histéresis de las isotermas (Fig. 2) puesto que en las muestras COR y SER existe una importante mesoporosidad.

Entre los resultados de los ensayos geotécnicos también se han encontrado diferencias significativas entre las muestras estudiadas. La clasificación Lambe de las muestras es: muestras TAJ y COR "marginal", WYO "crítico" y el resto "Muy crítico". La presión de hinchamiento oscila entre 20 y 686 KPa (muestras VER y WYO) y parece estar relacionada con la mesoporosidad de las muestras.

El análisis estadístico conjunto de los datos de adsorción y de los ensayos geotécnicos permite encontrar una

relación entre el carácter di o trioctaédrico de las esmectitas y algunas de las variables geotécnicas que también se puede observar en la Fig. 3.

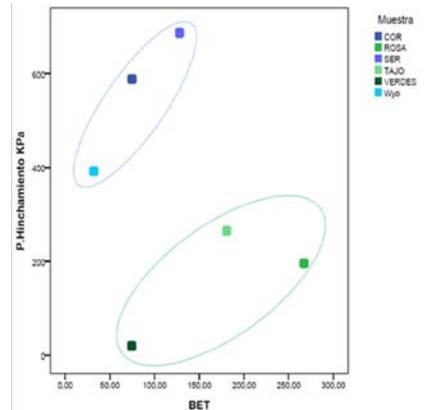


fig 3. Presión de hinchamiento vs. Superficie específica. En azul esmectitas dioctaédricas y en verde trioctaédricas.

En cuanto al estudio microtextural realizado sobre las muestras después de realizar los ensayos geotécnicos se puede afirmar que no hay una modificación importante de la micortextura y porosidad en el interior de los granos producidos por la molienda de las muestras. En la Fig. 4 se puede ver que la muestra (COR) está formada por láminas alabeadas con bordes ligeramente rizados, semejantes a "cornflakes", en una textura típica de bentonitas de gran pureza. La modificación más importante observada es la presencia de algunas láminas de esmectita que se distribuyen en la superficie de contacto entre los granos, rodeándolos, formando una envoltura lubricante (Fig. 5). La textura en el interior de los granos no varía.

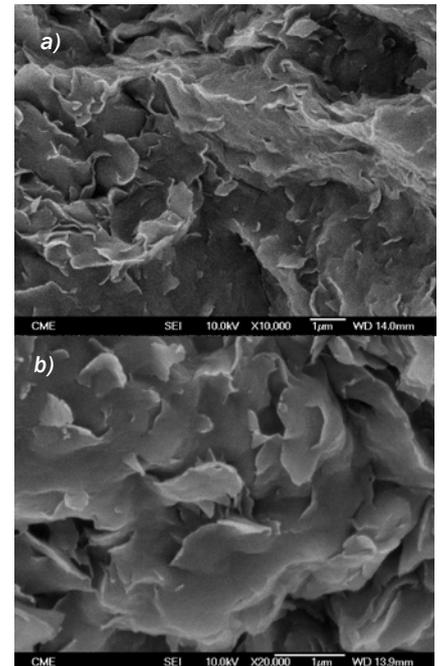


fig 4. Imágenes MEB de Esmectita COR. A) aspecto de la muestra antes de los ensayos b) después de los ensayos.

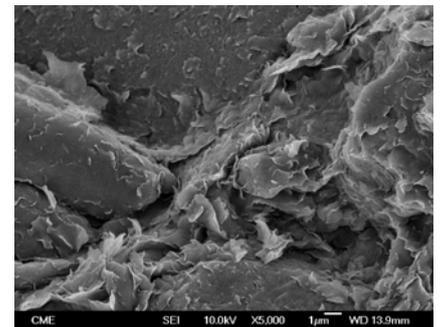


fig 5. MEB (muestra COR). Detalle de contacto de granos. Las láminas de esmectita rodean los granos.

CONCLUSIONES.

A pesar de tratarse de esmectitas de gran pureza se han encontrado diferencias significativas de todas las propiedades estudiadas. No hay una correlación directa entre variables cristal químicas como la carga de la lámina y las propiedades geotécnicas; sin embargo, si parece existir una relación entre el carácter di o trioctaédrico de las esmectitas y su comportamiento geotécnico. La influencia de la textura es evidente, siendo determinante la presencia de mesoporosidad en las muestras.

AGRADECIMIENTOS.

Trabajo financiado con el proyecto CGL2009-10764.

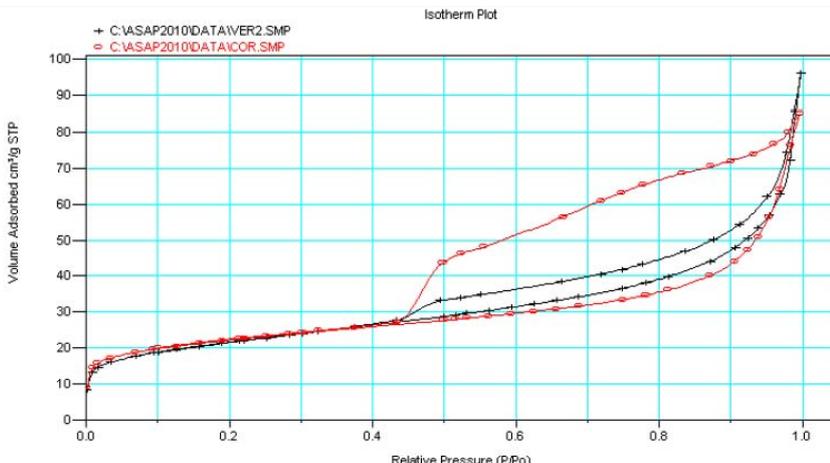


fig 2. Isotermas de adsorción-desorción de N₂. En negro muestra VER y en rojo COR. Como puede observarse el tramo inicial de las isotermas y el volumen total adsorbido es similar, y por tanto su superficie específica, sin embargo la muestra COR presenta un gran ciclo de histéresis debido a condensación capilar en mesoporos.