

PROCESO DE HIDRATACIÓN DE LA BENTONITA MEDIANTE SEM AMBIENTAL.

E. CABALLERO Y C.J. IMÉNEZ DE CISNEROS

Estación Experimental del Zaidín, CSIC, Profesor Albareda 1, 18008, Granada

Los minerales de la arcilla son cada vez mas usados para prevenir la difusión de contaminantes ambientales debido al hinchamiento, capacidad de hidratación, alta área específica y baja conductividad hidráulica que presentan. Estudios sobre la hidratación de los minerales de la arcilla ponen en evidencia la complejidad y dificultad del tema en cuestión. De acuerdo con Güven (1992); Bradbury y Baeyens (2003) en el proceso de hidratación de los minerales de la arcilla se pueden distinguir diferentes tipos de aguas de hidratación: a) Interlaminar: limitada a los espacios interlaminares y asociada a la hidratación de los cationes de cambio. b) Continua u osmótica: incluye, además de los espacios interlaminares a las superficies externas y c) Condensación capilar de agua libre que rellena los microporos existentes inter- e intra-agregados.

Por otra parte, estudios del agua de adsorción en bentonitas aportan evidencias de que la estructura del complejo arcilla-agua depende fuertemente del catión intercambiable, así como de la proporción arcilla/agua.

En este trabajo presentamos secuencias de hidratación de una esmectita desde su fase deshidratada hasta su total hidratación, pasando por distintas fases intermedias de hidratación (humedades relativas de 0,15; 0,30; 0,55; 0,63 y 0,80) realizadas utilizando un microscopio electrónico de barrido ambiental (ESEM). Las secuencias de hidratación se han realizado tanto en la esmectita natural como en esmectitas homoiónicas cálcica y sódica.

El microscopio electrónico de barrido ambiental permite la conservación de las condiciones naturales de muestras tanto orgánicas como inorgánicas, con lo cual se evitan alteraciones de ellas al exponerse a procesos

de preparación como secado, fijado, congelado y de recubrimiento iónico de metales, tales como el oro, requeridos para su observación bajo las condiciones usuales de los microscopios de alto y bajo vacío. Con este equipo se pueden observar en tiempo real fenómenos de transporte de líquidos, reacciones químicas, disoluciones, hidrataciones, cristalizaciones y otros procesos que ocurren a presiones de vapor elevadas, mayores que las permitidas en las cámaras de los microscopios convencionales y de bajo vacío.

El material seleccionado para el estudio ha sido la fracción < 2µm de bentonita procedente del Cabo de Gata (Almería), obtenida mediante sedimentación de acuerdo con la ley de Stokes, y posterior centrifugación con centrífuga de flujo continuo. A continuación se han preparado bentonitas homoiónicas sódica y cálcica, por mezcla de disoluciones concentradas sódicas (1 N NaCl) y cálcicas (0,1N CaCl₂) en las cantidades apropiadas.

Las experiencias se han realizado en el SEM ambiental ubicado en el CEAMA (Centro Andaluz de Medio Ambiente, de la Universidad de Granada) las condiciones de trabajo han sido: HV: 20,0kv; Mag: 4000x; WD: 8,5mm. Las diferentes fases de hidratación de las muestras se han realizado in situ, de acuerdo a la tabla siguiente:

Los resultados observados durante el proceso de hidratación de cada una de las muestras estudiadas ponen de manifiesto, como era de esperar, un aumento de volumen del cristal seleccionado al aumentar el grado de hidratación. En la Figura 1 se muestran las fotografías de la muestra deshidratada y con la máxima hidratación para cada una de las esmectitas estudiadas. La mayor diferencia se observa entre la esmectita

| P/Po | T ^a (°C) | P(Torr) |
|------|---------------------|---------|
| 0,0 | 15,0 | 1,0 |
| 0,15 | 3,0 | 1,20 |
| 0,30 | 3,0 | 2,40 |
| 0,55 | 2,0 | 3,80 |
| 0,63 | 2,0 | 4,30 |
| 0,80 | 2,0 | 5,15 |

Tabla 1: Valores de T^a, Presión para cada una de las humedades relativas seleccionadas en el estudio de SEM ambiental

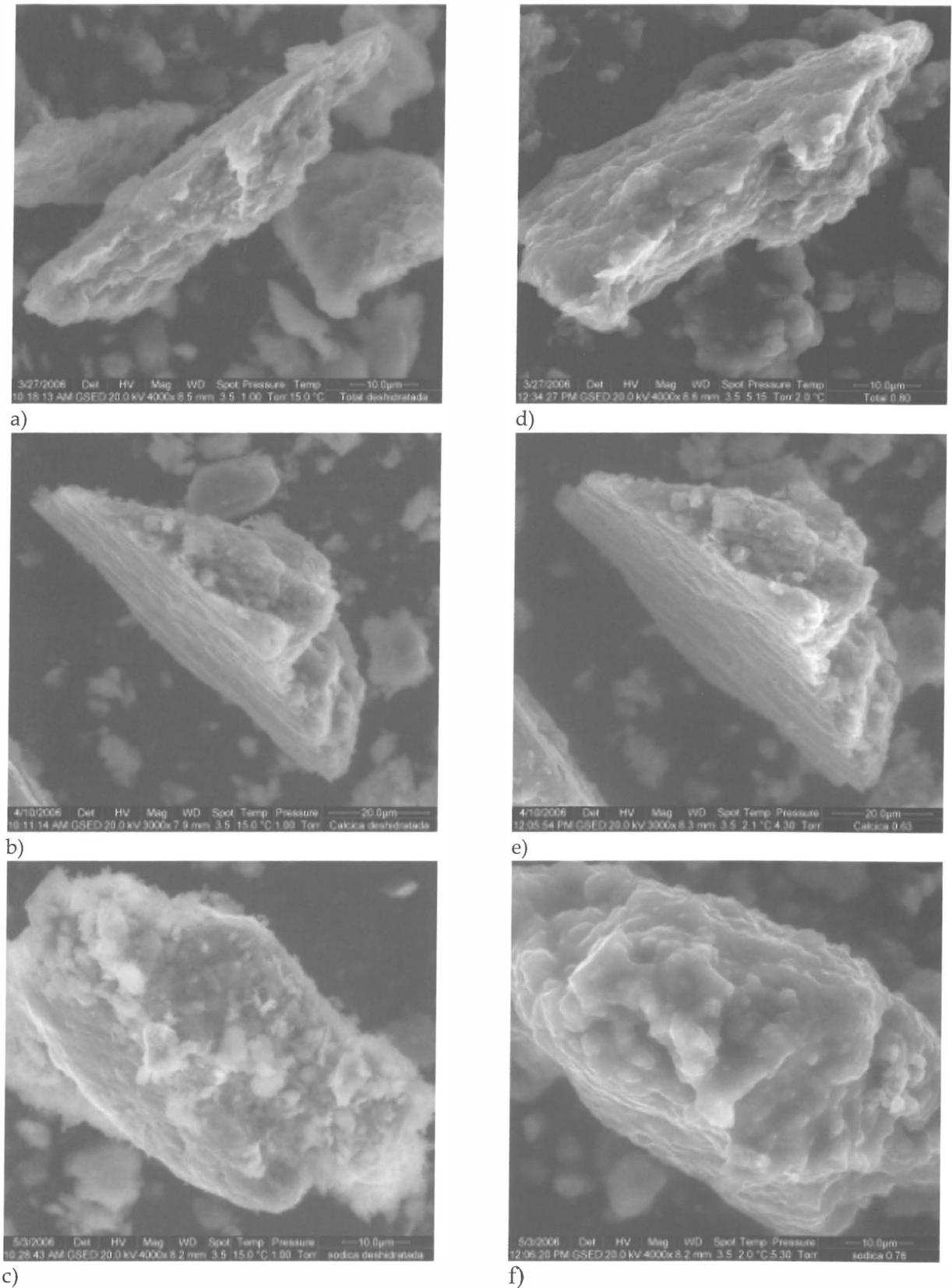


Figura 1: Secuencia de hidratación observada mediante SEM ambiental para (a) esmectita natural, (b) esmectita cálcica y (c) esmectita sódica, deshidratadas y con humedades relativas de (d) 0,80, (e) 0,63 y (f) 0,76, respectivamente.

Ca y Na para grados de hidratación elevados. Cuando el grado de hidratación es bajo solo se observa hinchamiento con apertura de láminas, pero al aumentar el grado de hidratación a valores superiores a $P/P_0 = 0,63$, se observa que mientras que en la arcilla-Ca se

mantiene la estructura, la arcilla-sódica la va perdiendo y se puede ver como el agua se adsorbe en los bordes de ésta, esto último no se observa en la cálcica (Fig. 1). Estos resultados estarían de acuerdo con lo descrito por Caballero et al (2006) que indican que el Ca al ser

un catión bivalente, con alto poder polarizante, se rodea de un mayor número de moléculas de agua que el Na, y tiene una mayor energía de hinchamiento. Una pequeña cantidad de agua produce el hinchamiento de la bentonita. En la cálcica el agua ocupa la interlámina en una doble capa, y después ocuparía los huecos libres entre los grupos de moléculas de agua coordinadas a los cationes. Así, toda el agua adsorbida se encuentra ocupando los espacios interlaminares, de manera que no se altera la estructura. Por su parte, el Na, al ser un catión monovalente, con menor número de moléculas de agua coordinadas que el Ca, presenta menor energía de hinchamiento para formar la monocapa, por lo que el agua adsorbida llenará la interlámina, condensará capilarmente en los microporos y podrá también, adsorberse sobre la superficie externa.

Así mismo Newman, (1987) dice que al aumentar la razón agua/bentonita, la muestra cálcica solo modifica su espaciado interlaminar, mientras que la muestra sódica puede hinchar libremente (hinchamiento osmótico) hasta formar un gel o una suspensión con las láminas individuales separadas.

La esmectita natural presenta un comportamiento mas similar a la muestra cálcica que a la sódica, puesto

que esta muestra contiene como catión interlaminar mayoritario al Ca (Caballero et al., 2006).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del Proyecto CGL 2004-01651/BTE

REFERENCIAS

- Bradbury, M.H., Baeyens, B. (2003). *J. Cont. Hidrol.*, 61, 329-338
- Caballero, E., Jiménez de Cisneros, C and Linares, J. (2006). *Clays and Clay Mineral* (in press)
- Güven, N., (1992). In: Güven, N. and Pollastro, R.M. (Eds.), *Clay-Water interface and its rheological implications. Clay Minerals Society Workshop Lectures*, vol. 4, Clay Minerals Society, Boulder, Colorado, pp. 2-79.
- Laird, D.A. (1999). *Clays and Clay Mineral*, 47, 630-636.
- Newman A.C.D., (1987) In: Newman A.C.D.(Ed.), *Chemistry of Clay and Clay Minerals*. Mineralogical Society, John Wiley and Sons, New York, 237-274.