

Degradación natural de un material arcilloso por percolación de soluciones ácidas

Natural degradation of an argillaceous material due to acid solution percolation

J. A. MARTÍNEZ, E. CABALLERO, C. JIMÉNEZ DE CISNEROS Y J. LINARES.

Resumen

El material bentonítico debido a sus excelentes propiedades químicas, físicas y mineralógicas, ha sido propuesto como barrera ingenieril en el almacenamiento geológico profundo. Durante el almacenamiento los procesos locales de oxidación del contenedor o la oxidación de zonas cercanas con presencia de sulfuros promueven la aparición de ácido sulfúrico en las soluciones meteóricas presentes en el almacenamiento, produciéndose la caída de los valores de pH de dichas soluciones. En este trabajo se constata como dichos lixiviados de carácter ácido ejercen importantes cambios mineralógicos, físicos y químicos en el material bentonítico. Estos cambios incluyen, por un lado la disolución de feldespato potásico, cristobalita y esmectita, entre otros, junto a la movilización de elementos litófilos y tierras raras y por otro, la precipitación de minerales como la alunita y la jarosita unida a la concentración de elementos calcófilos.

Introducción

En el presente trabajo se estudian las variaciones físicas, químicas y mineralógicas sufridas por la bentonita del *Toril* (Cabo de Gata, Almería) como consecuencia del avance de un lixiviado ácido producto de la oxidación de sulfuros presentes en una colada volcánica suprayacente a dicho material. El tiempo en que la bentonita ha estado sometida al efecto de soluciones ácidas es como mínimo de 10,5 Ma (edad de las rocas más modernas de la región volcánica de Cabo de Gata datadas por Zeck *et al.*, 2000) por tanto la bento-

nita del *Toril* ha sufrido el proceso de acidificación durante un periodo de tiempo lo suficientemente largo como para ser representativo de la duración de un almacenamiento geológico profundo, el cual no es reproducible en ensayos de laboratorio.

Materiales y métodos

El yacimiento de bentonita seleccionado ha sido el del *Toril*. Este yacimiento se localiza en la hoja 1060 del IGME (1981) escala 1:50000 correspondiente al Pozo de los Frailes. La mineralogía de este yacimiento ha sido estudiada en diversos trabajos (Augustín, 1973; Caballero *et al.*, 1985 y Linares *et al.*, 1996).

Geológicamente, el yacimiento de bentonita se encuentra enclavado en la zona denominada Área de Los Frailes (Pozo de los Frailes – San José – Isleta), dentro del tipo de materiales inferiores (Pre – Frailes) (Fernández Soler, 1992). El área de estudio está compuesta por una colada piroclástica de composición andesítica dispuesta sobre unos materiales tobáceos muy bentonitizados. Los procesos de oxidación sufridos por los sulfuros existentes en el material suprayacente a la bentonita han favorecido la formación de sulfatos y la acidificación de las aguas meteóricas percolantes. Estas soluciones con pH bajo son las responsables de los cambios químicos y mineralógicos sufridos por la bentonita suprayacente.

Para el estudio del avance de dicho frente ácido las muestras se han tomado en un perfil vertical distribuidas de la siguiente forma: la primera muestra en la colada andesítica suprayacente a la toba bentonitizada, el resto de las muestras en la toba bentonitizada.

El análisis mineralógico se ha realizado por microscopía óptica y mediante difracción de rayos X (DRX) siguiendo las normas de Wilson (1987) y Moore *et al.*, (1989), tanto para la preparación de la muestra total, como para los agregados orientados secados al aire y con etilenglicol de la fracción menor de 20 μm . La cuantificación de las fases minerales a partir de DRX se ha realizado mediante el método de Huertas *et al.*, (1991), que permite tener en cuenta la presencia de fases amorfas y/o de baja cristalinidad. El análisis químico se ha realizado mediante fluorescencia de rayos X (FRX) y espectrometría de masas (ICP-MS). También se ha analizado el contenido en hierro libre, la conductividad y el pH.

Resultados y discusión

El estudio por microscopía óptica de la muestra perteneciente a la colada piroclástica suprayacente a la bentonita indica la existencia de pequeños huecos producto de la disolución de sulfuros, presumiblemente pirita (1765 ppm de As en el análisis de la muestra total), junto con huecos de mayores dimensiones en los cuales aún es posible apreciar restos de feldespato potásico parcial o totalmente corroído. Mediante el estudio mineralógico por DRX es posible observar como en ésta misma muestra han precipitado sulfatos tales como la jarosita y la alunita. En la muestra localizada en la toba bentonitizada (inmediatamente en contacto con la colada piroclástica superior), es donde el frente ácido ejerce los cambios químicos y mineralógicos más drásticos: completa

disolución de minerales silicatados (esmectita, cuarzo, feldespato potásico, cristobalita, etc), precipitación de alunita, desaparición de los elementos litófilos (Si, Mg, Ti, Rb, Ba, Nb, Ta, etc), fijación de elementos calcófilos (As, Cr, Co, Ni, etc) y una movilización importante de tierras raras. A partir de dicha muestra, las demás, tomadas en la bentonita, aun conservan los minerales heredados tanto de la toba como del proceso posterior de bentonitización. Sin embargo, el avance del frente ácido ha favorecido la formación de nuevas fases como son la jarosita y la alunita, así como filosilicatos tales como caolinita y haloisita, más estables a pH bajos. Químicamente estas muestras también presentan una evolución que refleja el avance del frente ácido, como muestran las variaciones de las curvas de pH (figura 1) y de contenido en tierras raras (figura 2) con respecto a la distancia a la andesita a techo de la bentonita.

Conclusiones

El proceso de oxidación de los sulfuros pertenecientes a la andesita localizada a techo de la bentonita implica:

- Una caída del pH
- La formación de un frente ácido
- Movilización importante de elementos litófilos y de las fases minerales silicatadas especialmente en la zona de contacto entre ambos materiales
- Crecimiento de nuevas fases minerales estables en las nuevas condiciones del sistema (jarosita, alunita, caolinita, etc)
- Concentración de elementos calcófilos

Por tanto, se puede concluir que cambios locales en las condiciones redox, pueden implicar la formación de un frente de alteración ácida que ejerza importantes

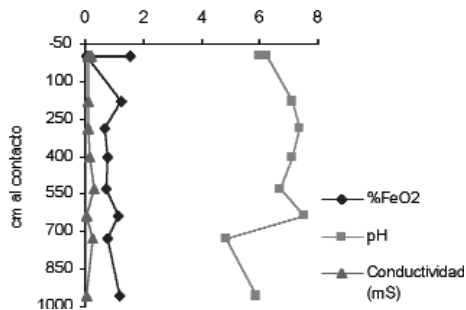


Figura 1.

BIBLIOGRAFÍA

- AUGUSTÍN, V. (1973). Estudio geoquímico de las alteraciones de tobas volcánicas en el sector del Pozo de los Frailes, Cabo de Gata, Almería. Tesis Doctoral Universidad de Granada. 260 p.
- CABALLERO, E., REYES, E., YUSTA, A., HUERTAS, F. Y LINARES, J. (1985). Las bentonitas de la zona Sur de Cabo de Gata (Almería). *Geoquímica y Mineralogía. Acta Geológica Hispánica*, 20, 3-4, 267-287.
- HUERTAS, F.J., HUERTAS, F. Y LINARES, J. (1991). Evaluación de las fases no cristalinas en cerámicas arqueológicas por DRX. *Bol. Soc. Esp. Miner.*, 14, 71-78.
- I.G.M.E. (1981). Mapa Geológico de España, 2ª serie (MAGNA); hoja 1060 (El Pozo de los Frailes).
- LINARES, J., BARAHONA, E., HUERTAS, F., CABALLERO, E., CUADROS, J., HUERTAS, J., JIMÉNEZ DE CISNEROS, C., LINARES, C., RODRIGUEZ, J., MARTÍN-VIVALDI, M.T. Y CIVANTOS, M.J. (1996). Alteración hidrotermal de las bentonitas de Almería. Monografía, (ENRESA Ed.) Madrid, 151p.
- MOORE, D.M., Y REYNOLDS, R.C. JR. (1989). X-Ray diffraction and the identification and

cambios en las propiedades geotécnicas de la barrera ingenieril de bentonita en el almacenamiento geológico profundo.

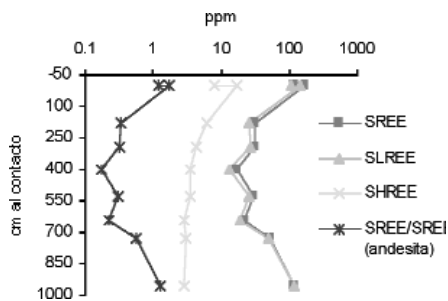


Figura 2.

analysis of clay minerals. Oxford University Press. 332p.

- WILSON, M.J. (1987). A Handbook of determinative methods in clay mineralogy. Blackie, Glasgow. 308p.
- ZECK, H.P., MALUSKI, H. Y KRISTENSEN, A.B. (2000). Revised geochronology of the Neogene calc-alkaline volcanic suite in Sierra de Gata, Alboran volcanic province, SE Spain. *Journal of the Geological Society, London*, 157, 75-81.