

Título: Ensayos a Escala de Laboratorio de la Interacción de Lixiviados Modelo con Arcillas Naturales
Synthetic Landfill Leachates and Natural Clays Interaction. Experiments at Laboratory Scale

Autor: Isabel de Soto

Director: Jaime Cuevas Rodríguez.

Centro: Departamento de Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

Fecha de Lectura: Septiembre 2008.

Tribunal: Ana María Álvarez González, Tomás Calderón Gracia y Juan José Lucena Marotta

Calificación: Sobresaliente.

Ensayos a Escala de Laboratorio de la Interacción de Lixiviados Modelo con Arcillas Naturales

/ ISABEL DE SOTO*

(*) Departamento de Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. Campus de Cantoblanco. 28049, Madrid (España)

INTRODUCCIÓN

El emplazamiento de un Vertedero de Residuos Urbanos está condicionado por varios factores, entre ellos se encuentra la selección de un terreno geológicamente adecuado que sirva de barrera de ingeniería. Se debe asegurar la atenuación de los contaminantes y prevenir la migración de los lixiviados hacia las aguas subterráneas.

Con el fin de diseñar barreras que cumplan estas propiedades se hace necesario el diseño de experimentos de transporte en el laboratorio que permitan modelizar el comportamiento de los solutos a través de las barreras arcillosas a escalas de tiempo relevantes a la vida del vertedero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las arcillas ensayadas corresponden con arcillas de cinco yacimientos españoles (Ariño, Bailén, Carboneros, Pantoja y El Papiol) de diferentes edades geológicas y diferente composición mineralógica (tabla 1). La muestra arcillosa previamente saturada y homogeneizada se la sitúa en el interior del molde cilíndrico, de 2 cm de altura y 7 cm de diámetro, y se compacta con la ayuda de una prensa hidráulica a la

densidad que marca el ensayo Próctor. Estas pastillas (fig. 1 y 2) se colocaron dentro de una celda en la que circula agua por un extremo y un lixiviado sintético, similar al obtenido en el vertedero de El Garráf (Barcelona), por el otro extremo. El lixiviado se compone de NH_4Cl (0.25M), CH_3COONa (0.15 M) y NaHCO_3 (0.1 M) con un pH de 7.8.

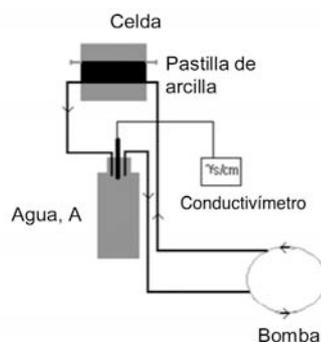


fig 1. Esquema del experimento de laboratorio. Fase de estabilización.

El ensayo se ha realizado en tres fases:

Fase de estabilización: recirculación de agua destilada en el extremo inferior de la celda (fig. 1). En el tiempo de duración de esta etapa se ha ido midiendo la conductividad en línea diariamente. Una vez finalizada la primera etapa, se recogieron muestras de agua (AtO) para

determinar las condiciones iniciales. Duración dos meses.

Fase de difusión: recirculación del agua en el extremo inferior y recirculación de lixiviado en el extremo superior de la celda hasta observar la llegada del frente salino. Como medida de control se ha tomado una lectura diaria de la conductividad en el tanque de agua (fig. 2). Duración dos meses.

Fase de desmantelamiento: desmonte de la celda y análisis físico-químico de la arcilla. La pastilla fue subdividida en cinco secciones de 4 mm de grosor. Se tomaron muestras tanto en el lixiviado (L) como en el agua recirculada por el extremo inferior (A).

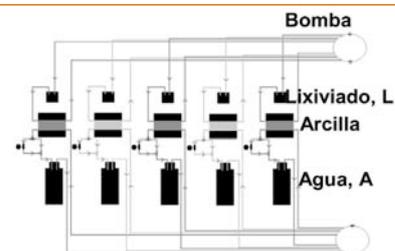


fig 2. Esquema del experimento de laboratorio. Fase de difusión.

La caracterización mineralógica de las muestras se llevó a cabo mediante Difracción de Rayos X. La superficie específica, mediante isoterma de absorción de N_2 , según el modelo BET.

Los cationes y aniones solubles se determinaron sobre el extracto acuoso con la relación suelo:agua 1:10. Los cationes de cambio se han extraído mediante acetato amónico a pH 7 (Na^+ ,

Arcillas	Filosilicatos				Cuarzo	f-Na	f-K	Calcita	Dolomita	Otros
	T	C	I	Es						
Ariño	78	64	14	<1	20	1	1	-	-	S: <1
Bailén	52	7	33	12	30	1	<1	11	5	P: 1
Carboneros	62	<1	62	-	23	<1	1	<1	12	H: 2
Pantoja	70	11	58	1	22	5	3	<1	<1	S: <1
Papiol	58	-	33	16	30	1	1	6	2	H: 2 Cl: 9

tabla 1. Análisis semicuantitativo de las muestras arcillosas. T: filosilicatos totales, C: caolinita, I: illita, Es: esmectita, f-K: feldespató potásico, f-Na: feldespató sódico, Y: yeso, S: siderita, H: hematites, P: pirita, Cl: clorita

palabras clave: Difusión, Arcilla, Lixiviado, Vertedero.

key words: Diffusion, Clay, Leachate, Landfill Site.

K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺) y acetato sódico a pH 8.2, en el caso del NH₄⁺. Na⁺ y K⁺ fueron determinados por fotometría de llama, NH₄⁺ y Cl⁻, mediante electrodo selectivo y Ca²⁺ y Mg²⁺ mediante absorción atómica.

En las muestras líquidas (A, L y At₀) se determinó el contenido en cationes, contenido en aniones, oxígeno disuelto, pH y conductividad.

Se realizaron perfiles de Cl⁻, S y elementos mayores a través de las pastillas arcillosas en el microscopio electrónico de barrido con análisis de energías dispersivas de rayos X (EDX).

Por último, los datos de difusión de solutos (conductividad eléctrica) obtenidos en la arcilla de El Papiol, se modelizaron con ayuda del programa PHREEQC vs 2.13 (Pakhurst & Appelo, 1999). El modelo se ha realizado en dos etapas. La primera etapa es la fase de estabilización y la segunda etapa es la difusión del lixiviado a través de la arcilla. Cada una de las simulaciones se ha realizado en 10 pasos de interacción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde un punto de vista mineralógico, no existen variaciones en el porcentaje de las distintas fases minerales en las muestras de las secciones de arcilla sometidas al ensayo de difusión, comparadas con las arcillas de partida. Sólo mencionar la precipitación de la calcita y disolución de la dolomita, en la sección que está en contacto con el lixiviado (L),

se aprecian variaciones significativas entre las distintas secciones.

La difusión de los solutos a través de la arcilla es detectada en periodos de tiempo inferiores a un mes. Siendo más notable en el caso de las arcillas con mayores contenidos iniciales en sales solubles (sulfatos y cloruros), como es el caso de las arcillas de Pantoja y Bailén (fig. 3).

Se produce un cambio en la distribución de los cationes intercambiables que provienen del lixiviado (NH₄⁺, Na⁺) a lo largo de la mayoría de las arcillas ensayadas (Ariño, Pantoja y El Papiol), encontrándose una mayor concentración de dichos cationes en las primeras secciones, al estar en contacto directo con el lixiviado sintético. La cantidad de amonio incorporada en cada una de las arcillas es proporcional a la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de cada una de ellas (fig. 4). Esto confirma que la difusión de solutos tiene lugar de forma significativa a través de las arcillas compactadas.

En el caso del anión cloruro, no se aprecia el gradiente anteriormente citado, debido a la rápida difusión de los solutos a través de la arcilla.

Los valores de Ca²⁺ intercambiable, se ven muy influenciados por el contenido en carbonatos en las arcillas estudiadas. Siendo, mayor el valor de dichos cationes intercambiables en las arcillas ricas en calcita y menor en las arcillas con presencia de dolomita o sin carbonatos.

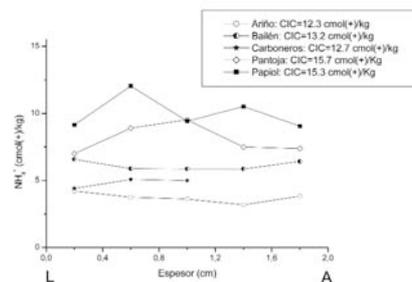


fig 4. Perfiles de difusión de cloruro en el tiempo del experimento para la arcilla de El Papiol.

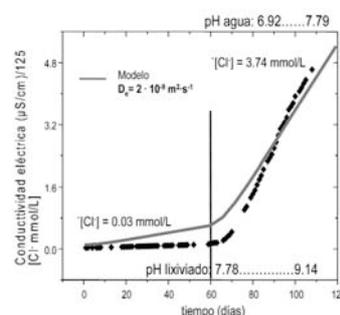


fig 5. Perfiles de difusión de cloruro en el tiempo del experimento para la arcilla de El Papiol.

REFERENCIAS

Bradbury, MH. & Baeyens, B. (2003) Porewater chemistry in compacted re-saturated MX-80 bentonite. *Journal of Contaminant Hydrology*, 61 (1-4), 329–338.

Cuevas, J., Leguey, S., Garralón, A., Rodríguez, M., Procopio, J.R., Sevilla, M.T., Sánchez, N., Rodríguez, R. & Garrido, A. (2008) Behavior of kaolinite and illite-based clays as landfill barriers. *Applied Clay Science*.

Pakhurst, D. L. & Appelo, C. A. J. (1999) Users guide to PHREEQC (Vs. 2). A computer program for geochemical calculations. *Tech. Rep. Water Resources Investigations*, 99 – 4259. (RESTON, VA), 312p.

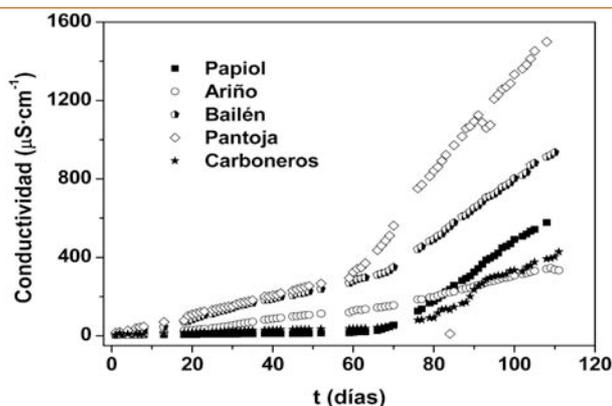


fig 3. . Representación de la conductividad en función del tiempo para las distintas arcillas.

en las arcillas que contienen carbonatos (Carboneros, Bailén, Papiol). Esto produce un aumento en el pH y en la alcalinidad de las muestras al disolverse los carbonatos en el extremo del lixiviado (Bradbury & Baeyens, 2003).

En cuanto a la superficie específica no

Por último, la modelación del transporte difusivo en la escala de las celdas de difusión es coherente con resultados obtenidos en el laboratorio (fig. 5). El transporte por difusión de las sales soluble en el lixiviado supera en velocidad al transporte advectivo (Cuevas et al., 2008).