

Primeros resultados obtenidos en experiencias de laboratorio destinadas a caracterizar el comportamiento de contaminantes inorgánicos en materiales arenosos.

J. Temiño-Vela, I. de Bustamante G.

Departamento de Geología. Universidad de Alcalá de Henares.

ABSTRACT

We describe the *lisimetric column* construction and we test it with two experiments using inorganic pollutants in a sandy sample. We notice the *tampon effect* in the soil with the pH variations, and we observe the different stages of retention for each tested ion.

Key words *lisimetric column, sorption, inorganic pollutants.*

Geogaceta, 13 (1993), 122-124
ISSN: 0213683X

Introducción

Este artículo expone los primeros resultados obtenidos en el estudio, que se está llevando a cabo, sobre experiencias de laboratorio para la valoración y control de la movilización de contaminantes inorgánicos en suelos detríticos, financiado por el Proyecto 91 B/11 de la Universidad de Alcalá de Henares, y cofinanciado por el Proyecto NAT 89-0995 de la CICYT.

Para poder desarrollar el estudio se construyó una columna lisimétrica. La determinación de su validez y la puesta a punto de éste tipo de ensayos se realizó mediante dos experiencias. Para ello se rellenó la columna con arenas eólicas y posteriormente se pasaron a través de ella dos fases móviles de concentración conocida, la primera de carácter básico y la segunda de carácter ácido.

A continuación, se hace una descripción del diseño de la columna, de las dos experiencias realizadas, así como de los resultados obtenidos.

Columna lisimétrica

Con el fin de realizar experiencias que se aproximen lo más posible a las condiciones naturales, se construyó una columna lisimétrica de gran tamaño. Básicamente consta de un cilindro de 150 cm de longitud y 18 cm de diámetro interior que, mediante bridas, se une por su base a una pequeña cámara de 2 cm de altura. Acoplada entre las bridas de unión existe una plancha reforzada y densamente perforada con taladros de pequeño diámetro, cuya misión es retener el material objeto del ensayo que rellena el cilindro.

La entrada de líquido se realiza por la parte alta de la columna, a través de un tubo conectado en uno de sus extremos al depósito que contiene la fase móvil, y en el otro extremo a una válvula de flotador. De esta manera se regula automáticamente el caudal de entrada y se mantiene saturada la columna a un nivel constante.

El desagüe se realiza a través de un tubo conectado a la pequeña cámara situada en la base de la columna. La salida del fluido puede fijarse a la altura deseada mediante abrazaderas que ciñen el tubo de desagüe al cuerpo de la columna.

La columna se eleva del suelo 30 cm y mantiene su perfecta verticalidad,

PARAMETROS ANALIZADOS	Fase Móvil (C ₀)	TIEMPO DESDE INYECCION					
		9.00h (C _p)	10.45 h.	12.15 h.	14.00 h.	16.00 h.	19.40 h.
CONDUCTIVIDAD (mS/cm)	1.258	0.172	0.205	0.360	0.601	0.893	0.534
PH	10.2	6.84	6.91	6.81	6.76	6.90	7.09
CLORURO (mg/l)	31	0.4	2	7.7	20	23	11.6
POTASIO (mg/l)	230	20	20	25	11	25	10
SODIO (mg/l)	13	4	3	4	-	10	9

PARAMETROS ANALIZADOS	Fase Móvil (C ₀)	TIEMPO DESDE INYECCION					
		8.40h (C _p)	9.40 h.	11.40 h.	13.40 h.	15.40 h.	17.40 h.
CONDUCTIVIDAD (mS/cm)	1.071	0.401	0.033	0.129	0.282	0.446	0.531
PH	3.09	7.21	7.10	6.96	7.00	7.11	7.24
CLORURO (mg/l)	200	20	23	30	81	210	225
SULFATO (mg/l)	55	0	10	9	14	30	34
POTASIO (mg/l)	65	6	5	6	7	9	9
SODIO (mg/l)	46	2	1	2	4	7	13

Tabla 1.— Análisis físico-químicos de la primera experiencia.

Table 1.— Physical-chemical analysis of the first experiment.

Tabla 2.— Análisis físico-químicos de la segunda experiencia.

Table 2.— Physical-chemical analysis of the second experiment.

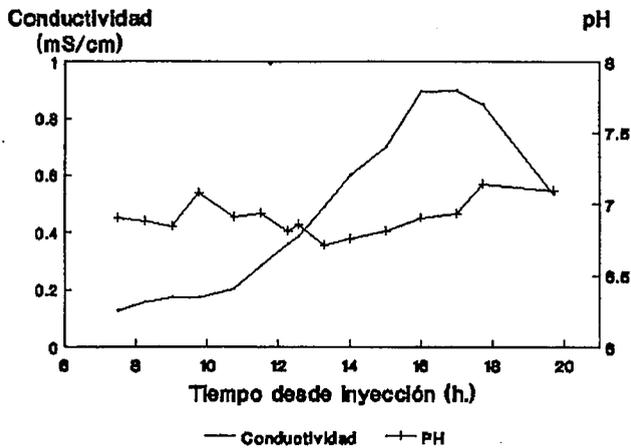


Fig. 1.— Evolución del pH y de la conductividad durante la primera experiencia.

Fig. 1.— pH and conductivity evolution during the first experiment.

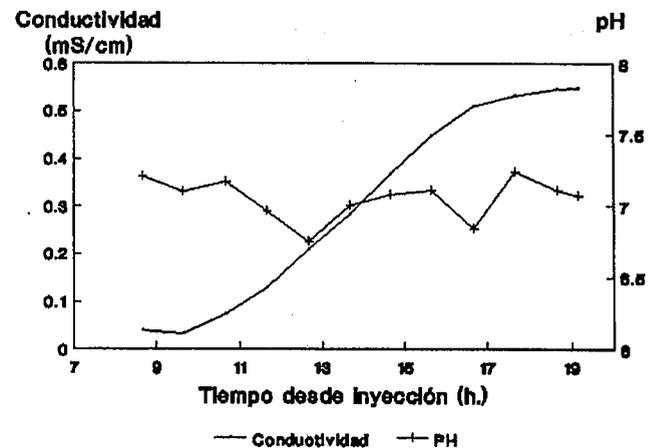


Fig. 2.— Evolución del pH y de la conductividad durante la segunda experiencia.

Fig. 2.— pH and conductivity evolution during the second experiment.

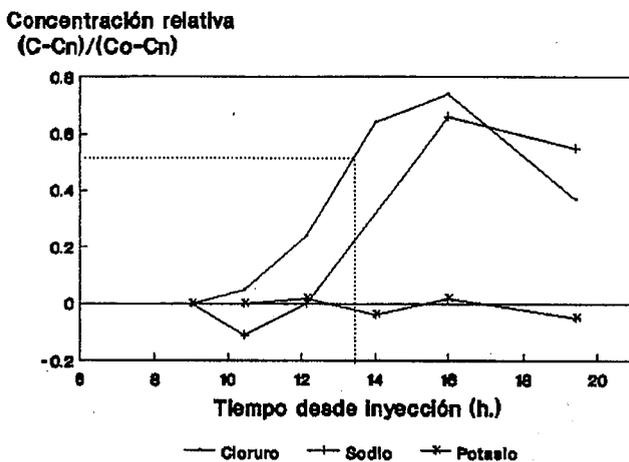


Fig. 3.— Curvas breakthrough de los iones controlados durante la primera experiencia.

Fig. 3.— Breakthrough curves for the controlled ions during the first experiment.

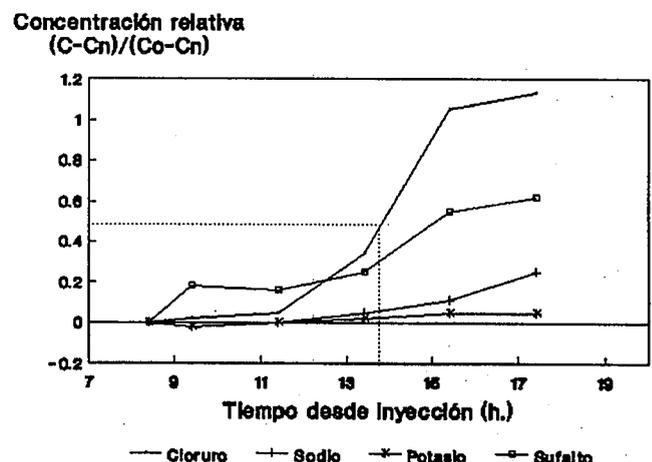


Fig. 4.— Curvas breakthrough de los iones controlados durante la segunda experiencia.

Fig. 4.— Breakthrough curves for the controlled ions during the second experiment.

gracias a un trípode soldado al cilindro.

Toda la columna se construyó con acero galvanizado y los tubos de entrada y salida son de polietileno reticulado.

Encuadre geológico

Los ensayos de columna han sido realizados con arenas eólicas, recogidas junto al Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos de Cantalejo (Segovia, España). En dicha zona, un manto eólico cuaternario recubre materiales detríticos arcillosos más antiguos, constituyendo un acuífero libre de reducido espesor saturado y poco explotado.

Actualmente, los cuerpos dunares están fijados por un extenso pinar. Las zonas deprimidas donde el nivel freático

co aflora o queda próximo a la superficie, están ocupadas por lagunas o praderas respectivamente. Junto a unas de estas zonas se ubica el vertedero de Cantalejo.

Un sondeo perforado durante junio de 1992 en el punto de muestreo, puso de manifiesto que allí el sustrato arcilloso se sitúa a 4,5 metros de profundidad y que la zona no saturada ocupa los 2,1 metros más superficiales. La arena utilizada en los ensayos de columna se tomó entre los 0,4 y 0,8 metros de profundidad. Se trata de una arena fina-media, redondeada y bien seleccionada. Sus características, deducidas de muestras alteradas e inalteradas obtenidas "in situ", son:

Mediana (d_{50})=0,31 mm.

Sorting= 1,28

Kurtosis=0,20

Densidad de las partículas= 2,63 g/cm³

Densidad seca aparente=1,63 g/cm³

Porosidad total= 38%.

El contenido de materia orgánica en la fracción inferior a 0,177 mm es nulo. La composición mineralógica deducida de la difracción de RX en polvo es: cuarzo (61%), ortosa (37%), y dolomita (2%).

Descripción de las experiencias

Previamente a la realización de los 2 ensayos, se rellenó la columna lisimétrica con las arenas recogidas en el campo, compactándolas manualmente para

simular lo más fidedignamente posible las condiciones del terreno. Quedaron rellenos 137 cm de la columna.

A continuación, se saturó la columna y se dejó pasar durante ocho horas un caudal de agua destilada de 0,8 l/h, con el fin de equilibrar el flujo y la composición del agua en la columna.

Posteriormente, manteniendo fijo el caudal de 0,8 l/h con un gradiente hidráulico de 0,09, se procedió a la inyección de dos soluciones conocidas. Entre ambos ensayos se lavó la columna con agua destilada durante unas 40 horas.

Primera experiencia

En la primera experiencia se introdujo, durante cinco horas, una fase móvil de agua destilada con KCl, NaOH y anaranjado de metilo, a un pH de 10,9. La composición de dicha solución aparece en la Tabla 1.

A partir de las siete horas y media de iniciada la inyección, se controlaron las variaciones del pH y la conductividad a la salida de la columna (Fig. 1). Teniendo en cuenta estos datos, se seleccionaron seis muestras para su posterior análisis en el laboratorio (ver Tabla 1).

Segunda experiencia

En la segunda experiencia se efectuó una inyección continua de una fase móvil ácida (pH=3,1) de agua destilada con K₂SO₄, NaCl y HCl, cuyas concentraciones iniciales aparecen en la Tabla 2.

A partir de las ocho horas y cuarenta minutos de iniciada la inyección se controlaron las variaciones del pH y la conductividad del efluente (Fig. 2). En este caso también se seleccionaron seis muestras para su posterior análisis en laboratorio (ver Tabla 2).

Características de las arenas en la columna

Al finalizar los ensayos, se realizaron medidas de caudales a diferentes gradientes, con el fin de calcular la permeabilidad de la arena en la columna, que resultó ser de 38,8 cm/h.

También se tomaron muestras inalteradas a varias profundidades para caracterizar la arena ensayada. Los resultados muestran una progresiva compactación de la arena en profundidad, con valores de densidad seca aparente entre 1,60 g/cm³ y 1,67 g/cm³ y de porosidad entre 38 % y 35,5%. Estos valores se asemejan razonablemente a los obtenidos en las muestras del campo (porosidad= 38% y densidad seca aparente= 1,63 g/cm³). Las características granulométricas permanecieron idénticas a las del terreno en todas las muestras tamizadas.

Resultados

Se han representado en las figuras 3 y 4 los resultados analíticos (Tablas 1 y 2) mediante sus curvas *breakthrough* (Freeze and Cherry, 1979, pag. 391), tomando como ruido de fondo (Cn) las concentraciones obtenidas en la primera muestra analizada de cada experiencia. A partir de dichas gráficas (Fig. 3 y 4) y de las que representan las variaciones de pH y conductividad en cada ensayo (Fig. 1 y 2), se deduce:

1°- El diseño de la columna es correcto porque las velocidades medias del fluido, obtenidas mediante la Ley de Darcy (9,7 cm/h), son congruentes con las deducidas de las curvas *breakthrough* del trazador (Cl⁻) para el momento en que su concentración relativa es 0,5 (Custodio y Llamas, 1983,

pag. 1177) (10,1 cm/h en el primer ensayo y 9,9 cm/h en el segundo).

2°- Mientras que en la segunda experiencia la concentración relativa final del Cl⁻ es aproximadamente 1, en la primera es mucho menor debido a que el efecto de la dispersión hidrodinámica ha alcanzado a diluir al pico de Cl⁻ (Custodio y Llamas, 1983, pag. 1180).

3°- La arena retiene y retarda más al K⁺ que al Na⁺. Cuando la fase móvil inyectada es básica, el K⁺ inyectado queda totalmente retenido, aunque resulta evidente que es menos retenido que el Na⁺.

La curva *breakthrough* del anión SO₄⁼ resulta anómala, pensamos que puede ser debido a un error analítico o de muestreo en la primera muestra del segundo ensayo, aunque resulta evidente que es menos retenido que el Na⁺.

4°- Las arenas ensayadas ejercen un efecto tampón sobre el pH, permaneciendo éste con valores en torno a 7 a la salida de la columna en ambas experiencias.

Finalmente, y a la vista de los resultados obtenidos, hemos llegado a la conclusión de que en el futuro será necesario ampliar los tiempos de control, e incrementar el número de muestras a analizar. Todo ello encaminado a definir mejor las curvas *breakthrough* y poder cuantificar el efecto de la retención y la dispersión en los materiales ensayados.

Referencias

- Custodio, E.; Llamas, M.R. (1983). "Hidrología subterránea". Edit. Omega, 2 tomos.
Freeze, R. A.; Cherry, J.A. (1979). "Groundwater". Edit. Prentice Hall, 604 pp.