

ELIMINACIÓN DE NITRATO Y SULFATO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE EXTREMADURA MEDIANTE RESINAS DE INTERCAMBIO IÓNICO

Jesús Beltrán de Heredia Alonso, Yolanda Cano Álvarez e Isabel Jiménez Girón
Dpto. Ingeniería Química y Energética. Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura.

Summary. Elimination of nitrate and sulfate ions of two groundwaters from Extremadura (Salvatierra de los Barros (Badajoz) and Miajadas (Cáceres)) using an anionic strongly ion exchange resin has been studied. Curves of the saturation step and washing and regeneration conditions of the resin have been determined.

Introducción. Debido a un uso excesivo de fertilizantes, las aguas subterráneas y superficiales de muchas zonas agrícolas presentan concentraciones cada vez más elevadas de nitrato. Este ion es considerado por la Unión Europea contaminante por encima de 50 mg/L. Para su eliminación se ha propuesto en la bibliografía diferentes métodos: reducción química, ósmosis inversa, desnitrificación biológica e intercambio iónico. En este trabajo se muestran los resultados obtenidos en el estudio de la depuración de aguas subterráneas mediante procesos de intercambio iónico.

Material y métodos. Las aguas subterráneas se tomaron de dos pozos situados en zonas de diferentes características agronómicas: uno en Miajadas (Cáceres), zona de regadío, y el otro en Salvatierra de los Barros (Badajoz), zona de secano. En la Tabla 1 se muestran las características físico-químicas de cada una. Se han realizado cuatro ensayos con cada una de las aguas en una columna que contenía 15 gramos de una resina de intercambio iónico. Cada ensayo constaba de 4 etapas: saturación (alimento del agua subterránea hasta la saturación de la columna), lavado inicial (alimento de agua destilada hasta la eliminación del agua subterránea que impregna la resina), regeneración (alimento de una disolución acuosa de cloruro sódico al 5 % en peso) y lavado final (alimento de agua destilada hasta la eliminación de la disolución regenerante). En todas las etapas se empleó una bomba peristáltica de caudal variable (Cole Palmer). La resina era de tipo aniónico fuerte (Amberlite IRN-78, Rohm & Haas) y antes de su utilización fue saturada de iones cloruro. El análisis del ion nitrato se realizó por espectrofotometría ultravioleta y el del ion sulfato por turbidimetría.

Tabla 1. Características físico-químicas de las aguas subterráneas estudiadas

Parámetro	Salvatierra de los Barros	Miajadas
pH	7.2	7.4
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	523	1022
Sólidos totales (mg/L)	340	737
Cloruro (mg/L)	49.4	73.7
Nitrato (mg/L)	78.1	278
Sulfato (mg/L)	62.7	64.0
Alcalinidad (mg $\text{CO}_3\text{Ca}/\text{L}$)	101	137
Calcio (mg/L)	25.6	156
Dureza (mg $\text{CO}_3\text{Ca}/\text{L}$)	153	338
Oxidabilidad a permanganato (mg O_2/L)	2.2	3.5

Resultados y discusión. Con cada una de las aguas subterráneas se han realizado 4 ensayos modificando los caudales de la disolución alimentada a la columna, así como las concentraciones iniciales de nitrato y sulfato, en los rangos mostrados en la Tabla 2. Con cada agua se han realizado dos ensayos repetidos en las mismas condiciones con el fin de comprobar que el ciclo de saturación-lavado-regeneración-lavado dejaba a la columna en las mismas condiciones que se había comenzado el ciclo.

Tabla 2. Condiciones experimentales de los ensayos realizados

Agua	Nitrato	Sulfato	Caudal saturación	Caudal lavado inicial	Caudal regeneración	Caudal lavado final
Salvatierra	78.1	63-193	36 - 40	23 - 37	23 - 37	23 - 37
Miajadas	259 - 300	62 - 92	25 - 50	25 - 50	25 - 50	25 - 50
	mg/L	mg/L	mL/min	mL/min	mL/min	mL/min

Saturación. En esta etapa se ha medido con el tiempo la concentración de nitrato y sulfato en la disolución efluente de la columna. En la Figura 1 y 2 se muestra la evolución de los iones nitrato y sulfato, respectivamente, en los cuatro ensayos realizados.

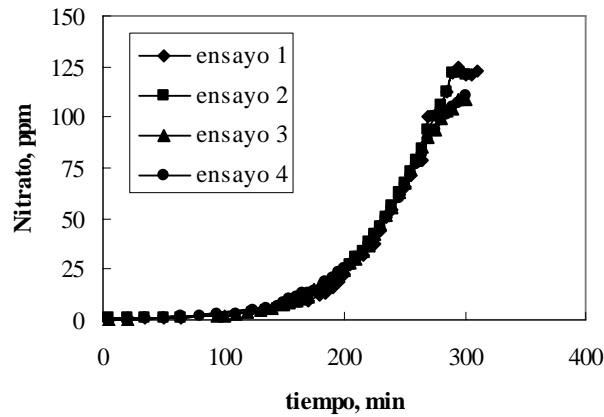


Figura 1. Evolución del ion nitrato con el tiempo. Agua subterránea de Salvatierra

Puede observarse en la Figura 1 que las curvas son prácticamente coincidentes lo cual demuestra la reproducibilidad del tratamiento a pesar de que en los ensayos 3 y 4 la concentración inicial de sulfato era tres veces superior a la de los ensayos 1 y 2.

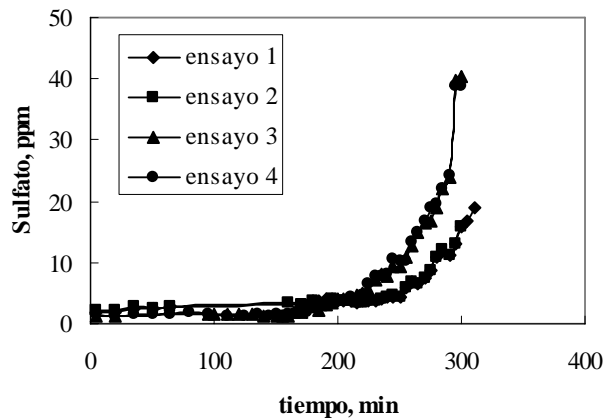


Figura 2. Evolución del ion sulfato con el tiempo. Agua subterránea de Salvatierra

En la Figura 2 se muestra la evolución del ion sulfato con el tiempo de saturación. Se aprecia que las curvas de los ensayos 1 y 2 se superponen entre sí, así como las de los ensayos 3 y 4. Ambos grupos de experimentos se diferencian puesto que el agua empleada varió la concentración de sulfato desde 63 ppm a 193 ppm, debido a la construcción de una vivienda en un lugar muy próximo a la ubicación del pozo.

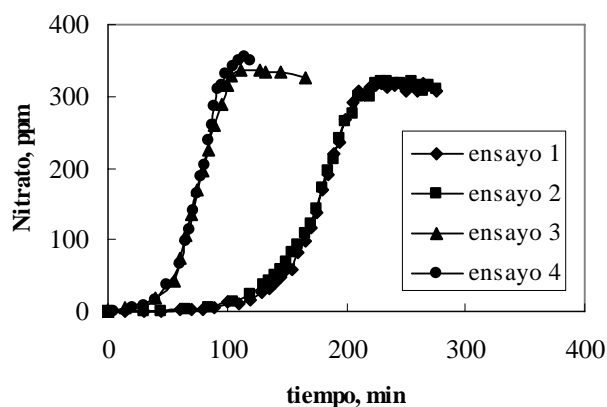


Figura 3. Evolución del ion nitrato con el tiempo. Agua subterránea de Miajadas

En la Figura 3 se aprecia claramente la influencia del caudal alimentado a la columna. En los ensayos 1 y 2 el caudal era la mitad que en los ensayos 3 y 4. Por tanto, el tiempo de saturación de la columna se reduce a prácticamente la mitad en estos últimos.

Lavado inicial. En la Figura 4 se muestra la evolución del ion nitrato en la disolución efluente de la columna durante la fase de regeneración. Puede observarse que en solo 5 minutos la columna queda limpia de la disolución de la etapa anterior de saturación.

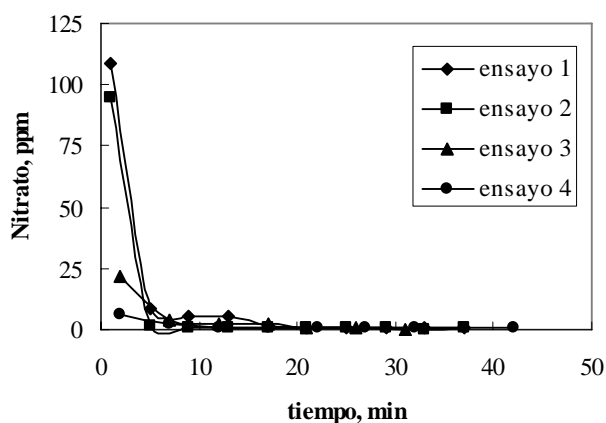


Figura 4. Evolución del ion nitrato con el tiempo. Agua subterránea de Salvatierra

Regeneración. A modo de ejemplo en la Figura 5 se representa la evolución de la concentración de ion nitrato durante la fase de regeneración de la columna. Puede verse que

con 20 minutos la columna queda totalmente regenerada, es decir, sustituidos los iones nitrato y sulfato, entre otros, por los iones cloruro de la disolución regenerante.

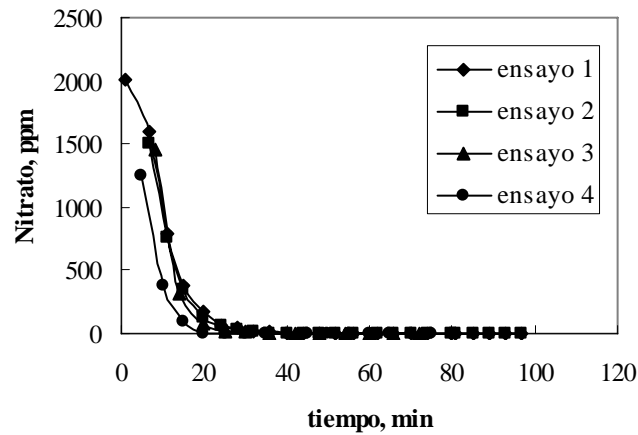


Figura 5. Evolución del ion nitrato con el tiempo. Agua subterránea de Salvatierra

Lavado final. En esta etapa la columna se lava con agua con el fin de eliminar los restos de la disolución regenerante (cloruro sódico). En la Figura 6 se muestra que con 10 minutos la columna queda perfectamente lavada y lista para un nuevo ciclo de intercambio iónico.

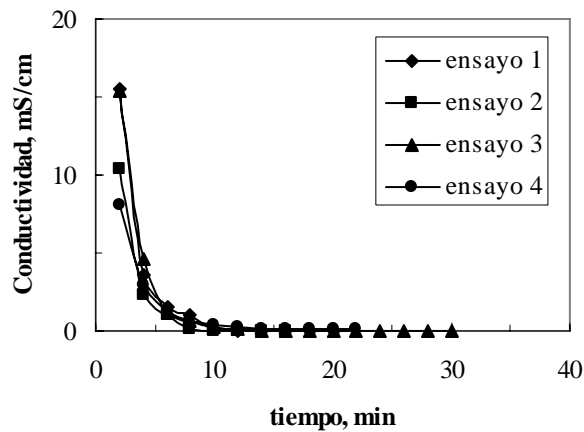


Figura 6. Evolución de la conductividad eléctrica con el tiempo. Agua subterránea de Salvatierra

Agradecimientos. Este trabajo forma parte del Proyecto CTQ2004 - 00961/PPQ financiado por la CICYT.