

Membranas basadas en carbono para filtración de agua y tratamiento catalítico

A. Marí, D.T. González¹, R. Pla, J.A. Baeza, N. Alonso-Morales, L. Calvo, M.A. Gilarranz

Departamento de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España

adrian.mari@uam.es

Palabras clave: filtración de agua, membranas de carbono, óxido de grafeno, reducción de nitrato.

Introducción

Los materiales de carbono pueden utilizarse en la fabricación de membranas dadas sus propiedades únicas que permiten modular sus características y comportamiento. Estas membranas encuentran aplicaciones en depuración de aguas, separación y energía, entre otros. En este trabajo, se describen dos casos prácticos que muestran su aplicación en tratamiento de aguas mediante filtración y catálisis, habiéndose empleado materiales como óxido de grafeno (GO), nanotubos, fibras o carbón activado (AC).

En filtración, se han fabricado membranas basadas en GO y modificado sus condiciones de formación para controlar sus propiedades y modular el flujo de permeado y rechazo de contaminantes.

En catálisis, se han probado distintas configuraciones para controlar el contacto membrana-líquido-gas y la disponibilidad de H_2 , con el objetivo de que la reducción catalítica de NO_3^- sea selectiva a N_2 , gas inocuo.

Experimental

Las membranas de GO se han preparado mediante filtración a vacío controlado sobre un soporte de Nylon. Estos materiales han sido modificados químicamente mediante reducción con UV, oxidación con O_3 y un tratamiento con aminas. Las membranas preparadas se han testeado en ensayos de filtración con distintos contaminantes en un sistema de flujo cruzado.

Por otro lado, se han elaborado catalizadores de Pd-Sn y Pd-Cu (2:1) al 5% p/p soportados sobre nanofibras de carbono (NFC), carbón activado (CA) y negro de humo (ENS250). Las membranas catalíticas se han formado por filtración a vacío sobre un filtro de polipropileno a partir de suspensiones. La reducción catalítica de NO_3^- se ha estudiado en dos reactores de membrana (CMR): de flujo a través (FTCMR) e interfacial (ICMR).

Resultado y discusión

La intercalación de diferentes diaminas alifáticas entre las nanoláminas de GO aumenta el espacio interlaminar, resultando en un aumento de la permeabilidad, pero manteniendo el rechazo de colorantes. Las membranas son estables en ensayos de filtración de larga duración (Figura 1a). Por otro lado, en la Figura 1b puede observarse que la reducción de las membranas mediante radiación UV aumenta la relación atómica C/O, disminuyendo el espacio interlaminar y aumentando el rechazo de 2-naftol y Disperse Blue 3, alcanzando un peso molecular de corte de 150 Da [1]. Además, en los ensayos donde se ha reducido con radiación UV y se ha oxidado posteriormente con O_3 , la membrana se ha enriquecido en grupos hidroxilo favoreciendo la creación de canales, aumentando la hidrofiliidad y mejorando el flujo de agua. Sin embargo, el rechazo de PFAS y carbamazepina ha disminuido ligeramente.

En la Figura 2a se muestra una comparación directa de la selectividad a NH_4^+ empleando un FTCMR y un reactor slurry [2]. El reactor FTCMR, donde la disponibilidad de H_2 se controla mediante su concentración en el agua, muestra una selectividad a NH_4^+ más baja respecto al reactor trifásico tipo slurry, donde la sobrehidrogenación viene favorecida por el contacto gas-sólido. Además, el FTCMR presenta la ventaja de que no se transfiere catalizador al agua tratada. Empleando reactores ICMR, donde la membrana catalítica actúa como contactor líquido-gas, se ha obtenido un control adicional (Figura 2b). Así, se ha alcanzado una conversión de NO_3^- superior al 60 % con una producción de NH_4^+ insignificante empleando membranas con baja carga catalítica. También, se observó que las membranas basadas en ENS250 muestran una excelente estabilidad y baja desactivación.

Conclusiones

Las modificaciones químicas realizadas en las membranas de GO han permitido modular sus propiedades y, en consecuencia, su desempeño en la filtración de contaminantes acuosos. El empleo de CMRs ha permitido reducir el contenido en nitrato con selectividad muy baja a amonio en las aguas tratadas debido al control de la transferencia de H_2 respecto a reactores trifásicos convencionales, especialmente en el ICMR. El empleo de membranas de Pd-Cu/ENS250 en esta configuración permite su uso prolongado debido a su excelente estabilidad y baja desactivación.

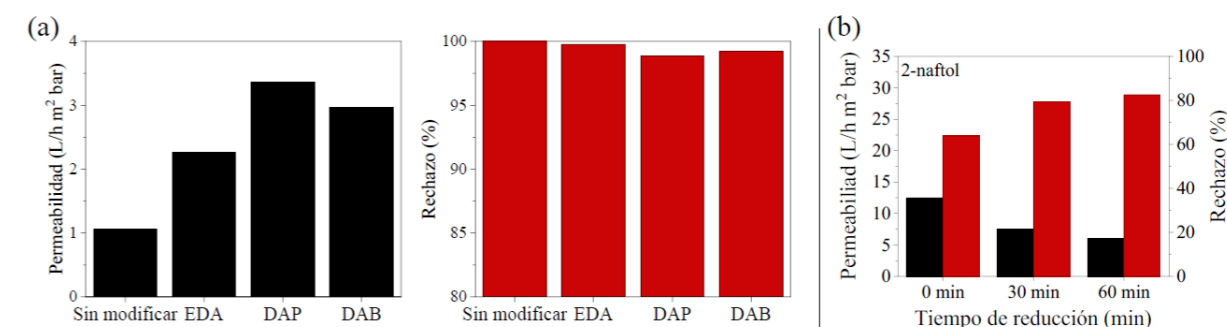


Figura 1. Permeabilidad y rechazo para membranas modificadas con (a) distintas aminas y (b) reducción con radiación UV a diferentes tiempos.

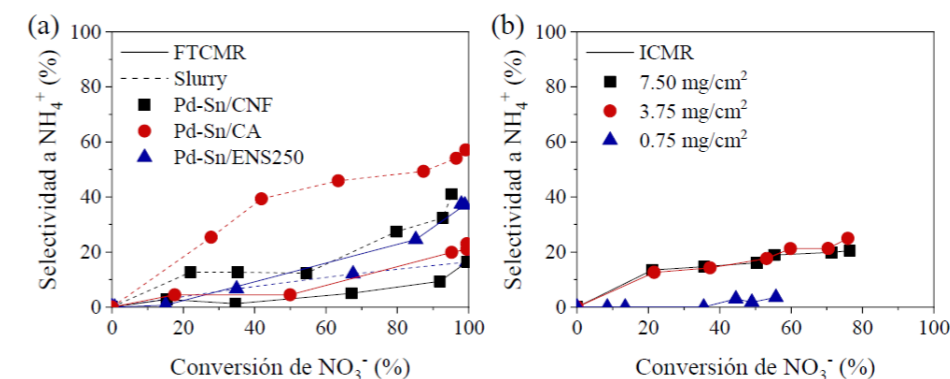


Figura 2. Selectividad a NH_4^+ frente a la conversión de NO_3^- (a) en reactor slurry y FTCMR y (b) en ICMR usando membranas Pd-Cu/ENS250 con distinta carga catalítica.

Agradecimientos

Agencia Estatal de Investigación (RTI2018-098431-BI00, PRE-2019-088601, PID2021-122248OB-I00) y Comunidad de Madrid (PEJ-2020-AI/IND-18302).

Referencias

- [1] Fernández-Márquez, M., Pla, R., Oliveira, A. S., Baeza, J. A., Calvo, L., Alonso-Morales, N., Gilarranz, M. A., Improvement of water filtration performance of graphene oxide membranes on Nylon support by UV-assisted reduction treatment: Control of molecular weight cutoff. *Chemical Engineering Journal*, 2022; 449:137807.
- [2] Marí, A., Baeza, J. A., Calvo, L., Gilarranz, M. A., Catalytic membrane reactor based on Pd-Sn supported on nanocarbons for the reduction of nitrate in water. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2022; 10(3):108011.