

Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (CSIC)

Membranas con tecnología propia

Desarrollo de tecnología española para la potabilización de agua de mar y la construcción de nuevas plantas

El uso de membranas para desalinizar el agua de mar es una tecnología suficientemente madura. Pero sólo en Estados Unidos y Japón. Para buena parte de los países que precisan aportes suplementarios de agua para regadío y consumo doméstico, como España, la única solución es importar módulos de membrana para sus plantas desalinizadoras. El grupo coordinado por Javier de Abajo, del Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (CSIC), se ha propuesto desarrollar, en colaboración con empresas españolas, módulos propios para limitar la dependencia tecnológica existente.

XAVIER PUJOL GEBELLÍ

La demanda internacional de plantas desalinizadoras de agua experimentará en los próximos años un aumento notable. Según la Organización Mundial de la Salud, en tan solo un lustro se invertirán alrededor de 20.000 millones de euros, 14.000 de ellos destinados a Oriente Medio, al desarrollo de nuevas tecnologías para la potabilización de agua de mar y la construcción de nuevas plantas. En este tiempo, las 13.600 plantas repartidas en 120 países, muy probablemente se incrementarán en un 30%, con lo que el coste por metro cúbico de agua tratada continuará la curva descendente iniciada el pasado decenio hasta situarse entre los 50 y los 70 céntimos de euro.

El problema es que buena parte de la tecnología que se emplea en esas plantas, cuyo rendimiento medido en flujo de agua y rechazo de sales se aproxima al máximo exigible, procede fundamentalmente de Estados Unidos y Japón. La situación de dependencia tecnológica es más acusada, si cabe, si se habla de tecnología de membranas, considerada «suficientemente madura» por los expertos, pero con el coste añadido de la importación y el pago de royalties.

La dependencia tecnológica, no obstante, no es irreversible al cien por cien. Al menos eso creen los investigadores del Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros del CSIC (Madrid) coordinados por Javier de Abajo. En los departamentos de Química Macromolecular y Física Química de Polímeros, llevan años desarrollando membranas propias basadas en poliamidas aromáticas que podrían convertirse en la base de un primer cambio de tendencia. El trabajo de este amplio grupo, aunque centrado en soluciones tecnológicas para plantas desalinizadoras, tiene también ramificaciones en membranas para la separación de gases y purificación de gases industriales.

El poder de los materiales hidrófilos

La desalinización de aguas a través de módulos de membranas es una tecnología «ya resuelta», cuenta José González de la Campa, miembro del equipo de investigación. Hoy en día, sigue, se fabrican membranas que



Investigadores de los departamentos de Química Macromolecular y Química Física de Polímeros.

El problema es de dependencia tecnológica: buena parte de la tecnología que se emplea en plantas desalinizadoras procede de Estados Unidos y Japón

[Ver ficha técnica](#)

ofrecen rechazos de sal de más del 99%, y cualquier planta diseñada con esa tecnología puede incorporarlas y ponerlas a funcionar desde el primer día. Pero el coste, por la dependencia, es elevado, y no sólo económicamente. La existencia de pocos proveedores limita el acceso y encarece tanto el proceso como el producto final.

Una posibilidad para remediar esta situación podría venir de la mano de las membranas poliméricas y, en particular, de las fabricadas a partir de poliamidas aromáticas, campo en el que está centrado el grupo de Javier de Abajo y que, según González de la Campa, «son las mejores» por su elevada hidrofília, característica que se está revelando como fundamental para conseguir altos flujos de agua. «Los grupos amida de estos polímeros son capaces de formar puentes de hidrógeno con la molécula de agua», aclara, aspecto que favorece un flujo transmembrana que solo es posible si además se aplican altas presiones. No hay que olvidar que una membrana semipermeable que separa dos disoluciones de distinta concentración facilita de forma natural el paso de disolvente (agua) de la disolución más diluida a la más concentrada, en un proceso denominado ósmosis, y que el proceso de desalinación por membranas es precisamente el contrario (ósmosis inversa) y para ello es necesario aplicar una presión claramente superior a la presión osmótica. Soportar esa presión exige, además, dotar a la membrana de las prestaciones mecánicas adecuadas.

El grupo, el único con experiencia en España en la síntesis química de poliamidas aromáticas, ha logrado desarrollar un proceso capaz de conjugar ambas características y que, del mismo modo, logra altos porcentajes de rechazo de sal, el principal objetivo. El desarrollo del proceso ha sido posible en parte gracias al interés mostrado por una empresa de Barcelona en la puesta a punto de tecnología propia para plantas desalinizadoras y que, hasta el momento, ha estado importando los módulos de membrana, principalmente de EE.UU y Japón.

La empresa ya ha instalado módulos fabricados según los parámetros del grupo del ICTP en varias plantas de potabilización de agua. Pero la solución propuesta todavía no da el resultado óptimo. Si bien en condiciones ideales la membrana funciona adecuadamente, no ocurre lo mismo cuando se pasa al sistema de producción industrial. «A veces salen impecables, pero otras tan solo regular», admite González de la Campa. El problema reside en la adaptación del prototipo a un sistema de producción industrial «razonable» para que los costes de fabricación de las membranas sean competitivos.

La membrana cuenta con una capa activa de poliamida y un soporte estructural poroso. En el proceso industrial, que continuamente se está optimizando, deben asegurarse parámetros como la regularidad, el espesor de las dos capas o el grado de rugosidad, y muy especialmente la integridad y continuidad de la capa activa de poliamida

Pero hay otro más, común también con las de origen estadounidense y japonés como es la durabilidad. Las membranas se van ensuciando con el tiempo y el grado de suciedad provoca una capa en superficie que reduce el flujo y, por tanto, la eficacia. La única solución es limpiar las



Modelado de una membrana por ordenador.

El grupo ha desarrollado un proceso que tiene alta hidrofília y logra altos porcentajes de rechazo de sal, el principal objetivo

[Ver ficha técnica](#)

membranas periódicamente, algo que obliga al uso de detergentes y, a menudo, a detener la planta. Con ello se acelera el deterioro del material. «Más que mejorar la permeabilidad o el rechazo estamos intentado conseguir membranas que tarden más tiempo en ensuciarse», indica el investigador. Es decir, membranas compuestas de polímeros más hidrófilos puesto que se ha probado que el depósito de microorganismos o «fouling biológico» es mucho más rápido en superficies hidrófobas.

Transferir tecnología

El grupo del ICTP está convencido de que detrás de sus investigaciones, que acumulan ya más de seis años en membranas desalinizadoras, existe un mercado de aplicaciones e incluso algo así como una justificación estratégica. «La cuenca mediterránea es deficitaria en agua dulce», señala González de la Campa. Especialmente lo es cuando mayor demanda existe, en verano. Más allá de las posibilidades de un eventual trasvase que palie ese déficit para el Mediterráneo español, las plantas desalinizadoras «son una solución factible y competitiva» que podría ser más efectiva «si se dispusiera de tecnología propia».

Pese a ello, en España hay pocos grupos que anden trabajando en esta área y menos aún dedicados a cuestiones básicas. En su mayoría, los pocos grupos españoles del sector se orientan al estudio de parámetros comerciales y entre ellos abundan científicos de las ramas de la física y la termodinámica y escasean los químicos. Raramente trabajan en la generación de nuevas membranas.

«Nuestra misión», insiste el investigador del ICTP, «es poner a punto aquí una cosa que ya existe». «Cualquier empresa española dedicada a este campo tiene capacidad para construir una planta desalinizadora y opciones para generar tecnología propia». La caja negra es el «cilindro», la membrana, de la que existe una versión precomercial. El salto a la versión comercial representa «un buen ejemplo» de transferencia de tecnología.

Membranas con múltiples aplicaciones

Una membrana podría definirse como un elemento que, situado en un medio, permite separar todos o algunos de sus componentes. Aunque hay de tipos diversos, la mayoría de las de uso comercial están formadas por polímeros sintéticos de los que se espera una alta permeabilidad, así como una elevada selectividad. Ambos factores deben conjugarse con una facilidad de fabricación y una duración consideradas esenciales para que una membrana polimérica sea competitiva.

Además de las membranas para desalinización de aguas, en el ICTP se han empezado a abordar otras dos grandes aplicaciones basadas en el uso de polímeros. En las llamadas membranas de ultrafiltración, los investigadores han ensayado también el rendimiento de poliamidas aromáticas. Esta opción se justifica porque la separación de sustancias se efectúa en un medio acuoso y porque las sustancias a separar, a diferencia de las sales en el agua, son de peso molecular muy diferenciado. El grupo del ICTP investiga en la actualidad la caracterización de membranas de tipo poroso, «la capacidad de separación

[Ver ficha técnica](#)

en función del número de poros y de su tamaño», aclara González de la Campa. Entre las aplicaciones de este tipo de membranas destaca la separación de componentes en la industria alimentaria como, por ejemplo, proteínas de sueros en lácteos o en zumos de frutas, y aplicaciones biomédicas como riñones artificiales (diálisis).

El último gran grupo de aplicación de las membranas poliméricas es la separación de gases, de especial interés para la industria química (seis de los 10 productos químicos más importantes son gases). El grupo del ICTP por el momento ha efectuado una aproximación teórica a la cuestión con el objetivo de desarrollar un producto propio en un plazo razonable. Las áreas de aplicación de esta tecnología, todavía no resuelta adecuadamente a nivel internacional, van desde la eliminación de gases ácidos del gas natural hasta la separación de olefinas y parafinas, la recuperación de hidrógeno o la separación de aire para la obtención de oxígeno y nitrógeno. En un futuro se prevé que este tipo de membranas pueda jugar un papel clave en el desarrollo de células de combustible.

FICHA TÉCNICA

Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (CSIC). Dirección: Juan de la Cierva, 3. 28006-Madrid.

Telf: 915 644 853 www.ictp.csic.es/index.php

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA MACROMOLECULAR

Coordinador: Javier de Abajo deabajo@ictp.csic.es

Líneas de investigación:

El Departamento lo forman tres grupos de trabajo dedicados a la síntesis, caracterización y evaluación de polímeros especiales y con aplicaciones específicas. Las líneas fundamentales son: Modificación química de polímeros y redes poliméricas; polímeros bioactivos y biomateriales; y polímeros de condensación y membranas poliméricas.

DEPARTAMENTO QUÍMICA FÍSICA DE POLÍMEROS

Coordinador: Julio Guzmán Perote jguzman@ictp.csic.es

Líneas de investigación:

Estudios cinéticos por RPE de la polimerización radical; síntesis y propiedades de cristales líquidos y sustratos biodegradables; propiedades conformacionales; simulación y medida de transporte en membranas; propiedades térmicas y mecánicas de poliolefinas metalocénicas; relajaciones mecánicas y dieléctricas; y espectroscopía e imagen de RMN.