

PROYECTOS EUROPEOS

NANOCIENCIA > FINAS MEMBRANAS QUE CAPTURAN CO₂

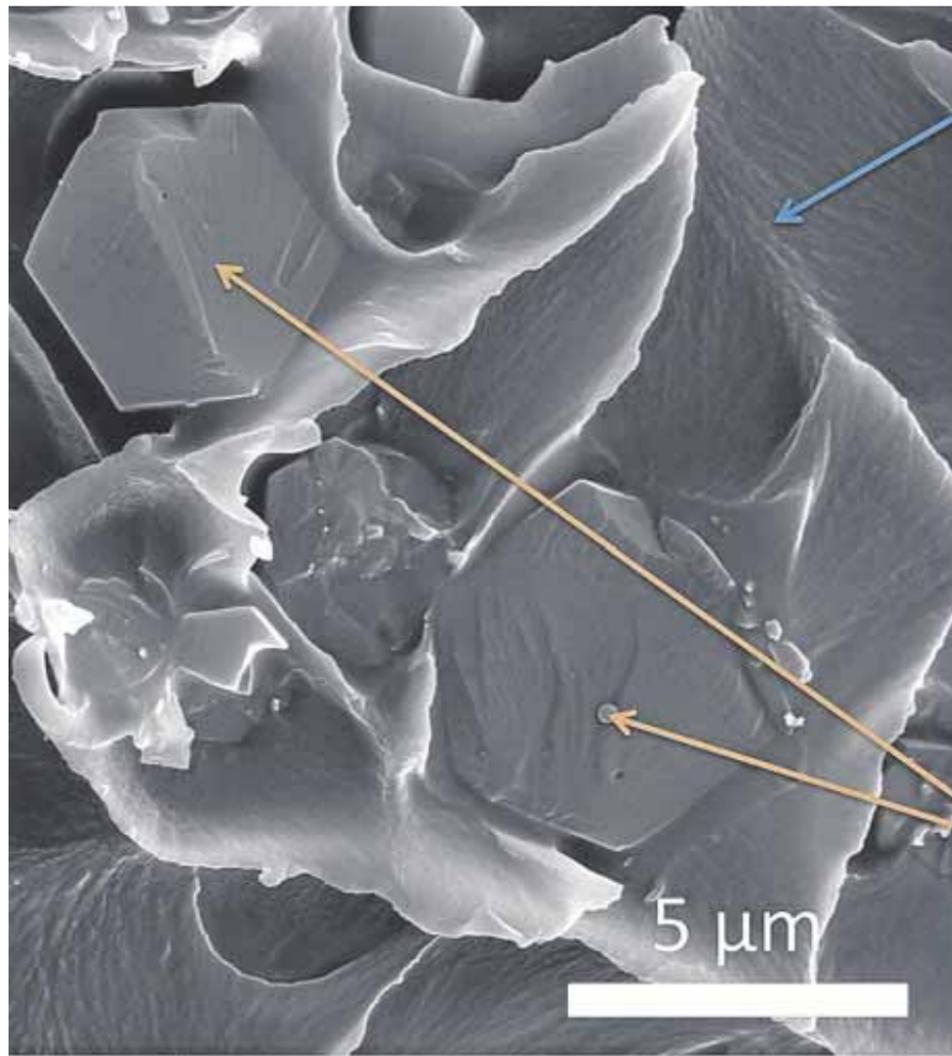
Investigadores del Instituto de Nanociencia de Aragón desarrollan membranas altamente eficaces para capturar el CO₂ que acompaña a la producción de hidrógeno, una tecnología con menor consumo energético y costes de implantación que las tradicionales de destilación y absorción. Su trabajo forma parte del proyecto europeo M⁴CO₂ junto a otros seis países

TAMIZ MOLECULAR Finísimas membranas actúan como tamices moleculares para, por ejemplo, capturar el CO₂ que se produce en una central térmica y evitar que se libere a la atmósfera (poscombustión) o bien separar el CO₂ que acompaña a la producción de hidrógeno a partir de la gasificación de carbón u otras materias primas (precombustión).

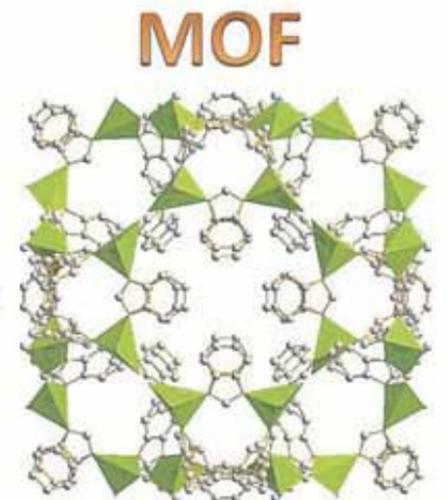
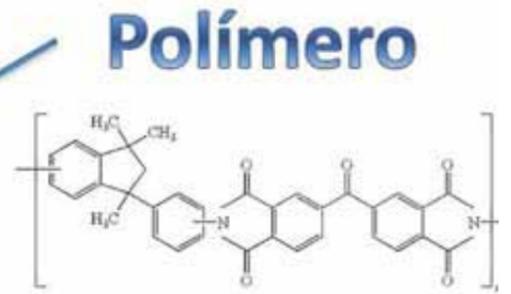
El secreto está en los MOF embebidos en el polímero de la membrana, dando lugar a una membrana compuesta o mixta (Mixed Matrix Membrane, MMM). Los MOF (Metal-Organic Frameworks) son «unos materiales cristalinos porosos muy versátiles en cuanto a su química y propiedades estructurales que llegan a actuar como cribas o tamices», señala Joaquín Coronas, investigador del Instituto de Nanociencia de Aragón y coordinador de uno de los paquetes de trabajo del proyecto europeo M⁴CO₂. La microporosidad de los MOF es «tan restrictiva que, por ejemplo, ante una mezcla de hidrógeno y CO₂, permiten el paso del hidrógeno y, ante otra mezcla de

EL INA PARTICIPA EN UN PROYECTO EUROPEO QUE BUSCA DESARROLLAR MEMBRANAS MIXTAS ALTAMENTE SELECTIVAS

CO₂ y nitrógeno, el de CO₂». El proyecto europeo M⁴CO₂ persigue desarrollar membranas altamente eficaces para la captura de CO₂, tanto en la etapa de precombustión como en la de poscombustión. El camino elegido es modificar polímeros altamente permeables y selectivos con un relleno de MOF. El equipo de la Universidad de Zaragoza liderado por Coronas y formado por los estudiantes de doctorado Javier Benito y Javier Sánchez-Laínez, las doctoras Beatriz Zornoza y Sara Sorribas y los profesores Ignacio Gascón y Carlos Téllez, se encarga del desarrollo de las membranas. Los investigadores del INA trabajan en membranas desde 1992, en MMM desde 2006 y con MOF desde 2010. Además de liderar el



Membrana compuesta donde se distinguen las partículas de MOF embebidas en el polímero. INA



EL PROYECTO M⁴CO₂

- **OBJETIVO** El objetivo del proyecto Energy efficient MOF-based mixed matrix membranes for CO₂ capture (M⁴CO₂) es desarrollar membranas altamente eficaces para la captura de CO₂, tanto en la etapa de precombustión como en la de poscombustión. El proyecto busca además la fabricación de un prototipo demostrativo.
- **FINANCIACIÓN** Casi 10,5 millones de euros en total.
- **SOCIOS** Integran el consorcio 16 centros de investigación y empresas de siete países: España (Tecnalia y UZ), Francia, Italia, Alemania, Reino Unido, Bélgica y Bulgaria, coordinados por la Universidad Técnica de Delft (Holanda).
- **PERIODO DE EJECUCIÓN** Desde 2014 a 2017.
- **PÁGINA WEB** www.m4co2.eu.

PROHIBIDO EL PASO A ESTA MOLÉCULA

Las moléculas de hidrógeno miden 0,29 nanómetros (nm) de diámetro; las de dióxido de carbono (CO₂), 0,33 nm; y 0,36 nm las de nitrógeno. Es decir, «de la más pequeña a la mayor de estas tres moléculas hay menos de un angstrom de diferencia», explica el investigador del Instituto de Nanociencia de Aragón (INA) Joaquín Coronas, lo que indica que la membrana que haga de tamiz para separarlas «debe tener una estructura lo suficientemente fina como para reconocer tal diferencia».

Los poros de los MOF (Metal-Organic Frameworks) que utilizan en el INA tienen entre 0,3 y 0,4 nm y «exacerban, por tanto, las propiedades de separación de las membranas compuestas o mixtas (Mixed Matrix Membranes o MMM)» en las que se integran.

Lo ideal es que en un polímero para separar gases destaquen dos propiedades: permeabilidad y selectividad. «La permeabilidad está relacionada con la producción: cuanto más permeable sea la membrana, más CO₂ (por ejemplo) podrá procesar». Por su parte, «la selectividad permite que la membrana distinga más eficientemente las moléculas de CO₂ de las de otras posibles sustancias que lo acompañan». Pero, «quien mucho abarca poco aprieta, pues, al aumentar la permeabilidad (lo que puede procesar la membrana), disminuye la selectividad (la capacidad de

discriminar las moléculas objetivo)», indica Coronas. No es fácil tenerlo todo.

El límite de Robeson indica la relación de los valores de permeabilidad y selectividad según el estado de la ciencia y la tecnología de cada momento. Los investigadores del INA se empeñaron en superarlo «haciendo una membrana compuesta añadiendo al polímero algo -los MOF- que mejora sus propiedades de separación». Y lo han conseguido: las mediciones de sus MMM experimentales superan los límites de Robeson de 1991 y 2008.

¿Y por qué interesa que las membranas sean muy finas? «El flujo a través de la membrana aumenta con la fuerza impulsora (la diferencia de presión entre un lado y otro) y disminuye con la resistencia», señala Coronas. Esta resistencia «es mayor cuanto más gruesa es la membrana, de ahí que haya que hacerla lo más fina posible, manteniendo su integridad mecánica».

Precisamente uno de los objetivos del proyecto M⁴CO₂ en el que participa el INA es llevar al límite de lo posible el espesor mínimo de una membrana. En boca de un nanotecnólogo, «tan fino como sea posible» quiere decir un espesor de una sola capa de moléculas, entre 1 y 5 nm, a través de las llamadas películas monocapa del tipo Langmuir-Blodgett. «Es un gran reto tanto obtenerlas como evaluarlas», asegura Coronas.

desarrollo de las membranas compuestas o MMM, el INA tiene dos papeles concretos en el proyecto: mejorar las MMM en la separación del CO₂ que acompaña a la producción de hidrógeno (precombustión) y estudiar la formación de películas de Langmuir-Blodgett, «membranas muy finas en las que la resistencia al transporte se haría mínima», señala Coronas. Buscan, entre otras cosas, responder a la pregunta de cuál es el espesor mínimo practicable que puede tener una membrana.

El proyecto comenzó el año pasado y concluye en 2017. Actualmente, «estamos saliendo de las etapas iniciales, aquellas en las

que, para fabricar las MMM, se usan los materiales que llamamos de primera generación: MOF y polímeros ya conocidos». Pero el proyecto «busca el desarrollo de nuevos MOF y nuevos polímeros (de segunda y tercera generación), su combinación en MMM -aquí es donde más contribuye Unizar-, el escalado industrial y el análisis del llamado ciclo de vida». Y también incluye tareas de simulación para guiar el desarrollo de nuevos MOF y realizar una optimización.

INTERÉS INDUSTRIAL. A día de hoy, estas membranas «no son todavía comerciales», pero la industria tiene gran interés en ellas. «Los usua-

rios finales de la tecnología desarrollada se enmarcan fundamentalmente en el sector energético y, más concretamente, en relación con los procesos de purificación, separación y producción de gases», asegura. De hecho, forman parte del consorcio del proyecto M⁴CO₂ empresas interesadas en la explotación de estas membranas, como Total y Hygear, así como posibles fabricantes de los materiales y membranas, como Johnson Matthey y Polymem.

Aunque los MOF todavía no tienen aplicaciones comerciales, Coronas indica que «se investiga con ellos en medicina (como agentes de contraste y en la liberación con-

trolada de fármacos) y en catálisis (con mayor especificidad que las zeolitas, aunque no sean tan estables térmicamente), además de en electrónica, sensores, encapsulación, almacenamiento de hidrógeno...». Recientemente, el grupo de investigación de Catálisis, Separaciones Moleculares e Ingeniería de Reactores (CREG) «ha realizado una investigación para la empresa Ercros S.A. en la que, gracias a un MOF y a una sílice porosa menos sofisticada, se logra hacer multifuncional una pastilla de tratamiento de agua en piscinas, lo que ha dado lugar a una patente».