

ENTREVISTA A JUAN MANUEL BERMÚDEZ



Revolucionando el mundo de la refrigeración y calefacción: cambiando fluidos contaminantes por nuevos materiales sólidos sostenibles

Juan Manuel Bermúdez García, Licenciado en Química por la Universidad de Granada, cuenta con un Máster en Ciencias, Tecnología y Gestión Ambiental y un Doctorado en Química Ambiental y Fundamental, ambos por la Universidade da Coruña. Actualmente, desarrolla su línea de investigación en el Centro Interdisciplinar de Química y Biología (CICA) de la Universidad de A Coruña. Aquí, trabaja en la división especializada en química del estado sólido del grupo QUIMOLMAT, junto con los profesores María Antonia Señarís Rodríguez, Socorro Castro García y Manuel Sánchez Andújar, y un equipo de jóvenes investigadores predoctorales y postdoctorales.

Su investigación se centra en el desarrollo de nuevos termomateriales sólidos para sistemas de refrigeración y calefacción con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, la cual ya ha sido reconocida con galardones de la Real Academia Galega de Ciencias y de grupos especializados de la Real Sociedad Española de Química y ha sido finalista de la Emerging Technologies Competition de la Royal Society of Chemistry.



Ha tenido un papel muy relevante en el descubrimiento de las "perovskiñas" y los "respiro-calóricos", materiales sólidos capaces de transformar pequeñas presiones y reutilizar el CO₂, para proporcionar frío y/o calor. Estos son los primeros ejemplos de materiales sólidos que pueden operar en condiciones similares a los gases de refrigeración y calefacción comerciales (muchos de los cuales se retirarán del mercado antes de 2050 por contribuir al calentamiento global), presentando una alternativa muy prometedora y más sostenible.





Materioteca de Galicia: ¿Cómo surgió la idea de desarrollar este material en particular?

Juan Manuel: En el grupo de investigación donde realicé mi Tesis Doctoral, bajo la supervisión de María Antonia Señarís Rodríguez y Manuel Sánchez Andújar, llevaban trabajando desde 2009 en materiales similares, llamados materiales híbridos orgánico-inorgánicos. A lo largo de los años exploraron esta familia de materiales para distintas aplicaciones tecnológicas, estudiando sobre todo sus propiedades magnéticas y eléctricas.



Durante mi Tesis Doctoral, expandimos esos estudios a otras aplicaciones medioambientales como, por ejemplo, materiales para adsorción de vertidos de aceites en agua y también como materiales fotovoltaicos para fabricación de celdas solares de bajo coste.

Además, en la última etapa de mi Tesis Doctoral, decidimos estudiar la respuesta térmica de estos materiales híbridos bajo la aplicación de presión, lo que nos llevó a descubrir que estos materiales eran grandes candidatos para aplicaciones de refrigeración y calefacción barocalórica.

M.G.: ¿De dónde surgen los términos “perovskiñas” y “materiales respiro-calóricos”?

J.M.: Estos términos fueron acuñados por primera vez en nuestro grupo de investigación para hacer referencia a dos nuevas familias de materiales híbridos que sirven para aplicaciones de calefacción y refrigeración ecológica.



El término “perovskiña” es un guiño al origen gallego del descubrimiento. Las perovskitas son un tipo de materiales que comparten una estructura común, pero que pueden presentar una composición química y unas propiedades muy diferentes unas de otras. En nuestro caso, en 2017 descubrimos una familia de perovskitas capaces de presentar grandes efectos barocalóricos (grandes cambios térmicos) inducidos al aplicar presiones muy bajas sobre ellas. Por lo que decidimos añadir nuestro sufijo -iña para hacer referencia a aquellas perovskitas con propiedades barocalóricas, las cuales fueron el primer ejemplo reportado de materiales híbridos barocalóricos y, además, trabajaban a presiones muy inferiores a cualquier material barocalórico descrito hasta la fecha.

En cuanto al término “respiro-calórico” se debe a que algunos materiales porosos, llamados metal-organic frameworks o MOFs presentan un tipo especial de transición de fase sólido-sólido, llamada transición de respiración y que es bien conocida en la comunidad científica desde 2002. Cuando se presurizan estos materiales con un gas, por ejemplo con CO₂, sus poros se abren inhalando el gas.

Del mismo modo, cuando se reduce la presión de gas, los poros se cierran exhalando de nuevo el gas. Esto es un fenómeno muy similar a lo que ocurre con nuestros pulmones cuando respiramos, de ahí el nombre de la transición.

En 2022, en nuestro grupo descubrimos que estas transiciones de respiración presentaban grandes efectos barocalóricos combinados con cambios térmicos de la propia inhalación/exhalación (adsorción/desorción) del CO₂, por lo que acuñamos este término para referirnos a este nuevo mecanismo de calefacción y/o refrigeración.

M.G.: ¿Cuáles son las ventajas de usar este material en comparación con otros materiales existentes?

J.M.: Hasta la fecha, la gran mayoría de materiales barocalóricos necesitan aplicar presiones superiores a 1000 bar para poder operar. Estas presiones son muy superiores a las presiones que utilizan los compresores de nuestras neveras y aparatos de aire acondicionado, que suelen trabajar a presiones máximas de 30 bar y, en el caso específico del CO₂ como refrigerante, pueden alcanzar hasta 150 bar.

Nuestras perovskiñas y materiales respiro-calóricos pueden trabajar a presiones de entre 15 y 70 bar, por lo que podrían implementarse en los dispositivos actuales con mayor facilidad y menor coste energético.



Además, en el caso de los materiales respiro-calóricos, al trabajar con CO₂, convierten un residuo muy perjudicial para el medioambiente en un recurso de alto valor añadido. Es importante saber que el CO₂ ya es un refrigerante que se utiliza en el mercado. Sin embargo, sus principales limitaciones son que necesita altas presiones de trabajo (hasta 150 bar) y que es difícil trabajar con él en climas cálidos con temperaturas por encima de 30°C.

Al combinarlo con los materiales respiro-calóricos, estos reducen la presión de trabajo por debajo de 30 bar y permiten trabajar en climas o ambientes cálidos de hasta 60°C.

M.G.: Desde tu perspectiva ¿cuáles son las aplicaciones potenciales más emocionantes o prometedoras para este material? ¿Se exploraron diversas aplicaciones durante el proceso de desarrollo?

J.M.: Estos materiales pueden ofrecer nuevas aplicaciones en el campo tanto de la refrigeración como de la calefacción. Al ser materiales sólidos pueden ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, el principal problema de los sistemas de refrigeración y de las bombas de calor actuales. Pero, además, su naturaleza sólida también nos permite "interactuar" con ellos de una manera muy diferente a los gases refrigerantes. Por ejemplo, podemos aplicar presión sobre ellos con la fuerza de nuestras pisadas o de nuestros dedos, lo que abriría las puertas al diseño de suelos o zapatillas auto-refrigerantes/calefactantes, o incluso pantallas de teléfonos móviles que enfriasen el dispositivo al teclear sobre el mismo.



M.G.: ¿Crees que este material puede ser relevante o beneficioso para la industria y las empresas en la región de Galicia? ¿De qué manera?

J.M.: El tejido económico gallego es muy dependiente de la refrigeración, como es el caso del sector alimentario para el proceso de producción y almacenamiento de alimentos y bebidas, el sector textil para el proceso de fabricación de tejidos y climatización de locales, o el sector naval para el transporte de distintos productos en cámaras de frío, por citar algunos ejemplos.

El desarrollo de nuevos materiales de refrigeración sólidos más eficientes, sin duda, reduciría las emisiones de carbono y el consumo energético de estos sectores.

M.G.: ¿Hubo colaboraciones con otras instituciones o investigadores en el desarrollo de este material? ¿Cómo se financió o se está financiando la investigación y el desarrollo de este material?

J.M.: Estamos orgullosos de poder decir que los descubrimientos de las "perovskitas" y los materiales "respiro-calóricos" son de origen 100% gallego, realizados en el Centro Interdisciplinar de Química y Biología de la Universidad de A Coruña. Si bien es cierto, estos descubrimientos nos han llevado a colaborar en la misma línea de trabajo con prestigiosas universidades y centros de investigación internacionales, como son la Universidad de Cambridge, la Universidad Queen Mary de Londres, el Laboratorio Ibérico Internacional de Nanotecnología o el Laboratorio Europeo de Radiación Síncrotrón, y que nos han ayudado a seguir avanzando en este campo.

Además, hemos tenido la suerte de poder contar y seguir contando con financiación recibida por parte del Ministerio de Ciencia e Innovación y de la Xunta de Galicia a través de varios proyectos de investigación y ayudas predoctorales y postdoctorales, de las Ayudas Ramón y Cajal, del Programa Intalent UDC-Inditex y del Programa IACOBUS. Del mismo modo también hemos podido contar con el apoyo de la Fundación Barrié y del Programa Ignicia de la Agencia Gallega de Innovación, que nos están ayudando en el camino de la valorización y la transferencia tecnológica.

M.G.: ¿Cuáles fueron los principales desafíos en el desarrollo de este material y cómo se abordaron?

J.M.: Uno de los principales desafíos de esta línea de trabajo radica precisamente en su novedad. En nuestro grupo de investigación no solo hemos tenido que desarrollar los materiales, sino que además hemos tenido que desarrollar instrumentación científica que nos permitan estudiar algunas de sus propiedades térmicas. Del mismo modo, también estamos trabajando en el desarrollo de prototipos que permitan evaluar la eficiencia energética de estos materiales en un entorno de trabajo real.



Para tratar de abordar este reto de manera exitosa, hemos creado una red de colaboración interna entre distintos grupos de investigación de la propia Universidad de A Coruña, como es el caso del Grupo de Química Molecular y de Materiales, donde nos encargamos del desarrollo de los refrigerantes sólidos, el Grupo de Propiedades Térmicas y Reológicas, donde nos asisten en la caracterización térmica de estos materiales, y el Grupo de Ingeniería Energética, donde se encargan del desarrollo tecnológico de distintos dispositivos para estudiar estos materiales en entornos relevantes.

M.G.: ¿Cómo ves el potencial de transferir este material a industrias y empresas locales? ¿y a internacionales?

J.M.: Actualmente estamos trabajando en actividades de valorización, transferencia y comercialización de nuestra tecnología, en algunas de las cuales contamos con el apoyo de la Agencia Gallega de Innovación. Además, en 2020 nuestra tecnología fue finalista en la prestigiosa "Emerging Technologies Competition" de la "Royal Society of Chemistry".

A lo largo de estos años, hemos realizado la solicitud de varias patentes que recogen la protección de distintos materiales y dispositivos, una de ellas en co-titularidad con la empresa gallega Gefico S.L. Del mismo modo, también hemos recibido el interés de grandes multinacionales en el sector de la refrigeración, con las cuales hemos firmado acuerdos de confidencialidad para intercambiar información. Por tanto, nuestro objetivo es llevar al mercado nuestra tecnología en los próximos años para que la sociedad pueda beneficiarse de refrigerantes más sostenibles y eficientes.

M.G.: ¿Cómo ves la colaboración entre el desarrollo de este material y la misión de la Materioteca Gallega? ¿Hay formas específicas en las que este material puede contribuir a los objetivos de la Materioteca? ¿Y viceversa?

J.M.: La Materioteca de Galicia ha supuesto para nosotros una plataforma que ha contribuido a visibilizar y poner en valor los materiales desarrollados en nuestro laboratorio. En nuestro caso particular, creo que este catálogo de materiales gallegos contribuye a una mejor comunicación entre la universidad y el sector privado para favorecer posibles sinergias. Muchos de los materiales allí recogidos pueden ofrecer soluciones a retos actuales e incluso a retos que aún no conocemos. Es una gran base de datos a disposición de aquellos que quieran utilizarla. En nuestro caso particular, como ya he comentado anteriormente, nuestros materiales pueden ofrecer nuevas alternativas para el sector de la refrigeración y de la calefacción, reduciendo las emisiones y aumentando la eficiencia energética.



M.G.: Dado el enfoque de la Materioteca de Galicia en la sostenibilidad, ¿cómo se abordaron las consideraciones ambientales en el desarrollo de este material? Los "respiro-calóricos" pretenden revolucionar el mercado de los gases fluorados, ¿qué características específicas del material contribuyen a su sostenibilidad?

J.M.: Las perovskitas y los materiales respiro-calóricos son refrigerantes sólidos que ofrecen importantes ventajas medioambientales. Al ser materiales sólidos no pueden escaparse a la atmósfera en caso de fuga o rotura del sistema de refrigeración y, además, podrían ser recuperados y reutilizados fácilmente, contribuyendo a la economía circular. En el caso de los materiales "respiro-calóricos", emplean CO₂ que es un gas refrigerante con un potencial de calentamiento global cientos de veces inferior a los gases fluorados empleados actualmente.

Del mismo modo, los materiales respiro-calóricos contribuyen a que la presión de trabajo del CO₂ se reduzca desde los 150 bar hasta por debajo de los 30 bar, por lo que el consumo energético para presurizar sería mucho menor.

M.G.: Desde tu perspectiva como investigador, ¿cómo visualizas el futuro de este material en términos de investigación adicional y aplicaciones prácticas? ¿Hay áreas específicas que crees que deberían explorarse más en el futuro?

J.M.: Nuestros objetivos futuros consisten en el escalado y la implementación de nuestros materiales en dispositivos reales de refrigeración y calefacción. Esto es un reto tecnológico muy importante, ya que hasta ahora hemos estado trabajando a escala de laboratorio. Además, ahora debemos estudiar y optimizar la estabilidad a largo plazo de estos materiales para integrarlos en dispositivos que vayan a durar años o decenas de años en nuestros hogares. Por lo que estamos ante un nuevo y excitante horizonte en el camino hacia el diseño de las neveras y aparatos de aire acondicionado del futuro. ¿Y quién sabe qué otras aplicaciones tendrán estos materiales?



M.G.: ¿Qué consejos darías a nuevos investigadores interesados en desarrollar nuevos materiales? ¿Qué es lo más importante que aprendiste durante este proceso?

J.M.: Si tuviera que transmitir un único mensaje de toda mi carrera investigadora a las nuevas generaciones sería algo así como que “todo el conocimiento es valioso”. Muchas veces estamos tan empeñados en desarrollar materiales para una aplicación específica que, si esos materiales no funcionan para dicha aplicación, los descartamos y abandonamos su estudio.

Por poner un ejemplo, en el caso de las perovskitas, estudié sus propiedades magnéticas y eléctricas para sensores, estudié sus propiedades optoelectrónicas y fotovoltaicas para celdas solares, las estudié como precursores de materiales porosos para adsorción de vertidos de aceite en agua, y en ninguna de estas aplicaciones resultaron ser suficientemente competitivas con otros materiales ya descritos. Sin embargo, en lugar de abandonar estos materiales, nos focalizamos en seguir explorando otras propiedades que podrían presentar un interés tecnológico. De este modo descubrimos que eran unos refrigerantes sólidos muy superiores a la mayoría de refrigerantes sólidos descritos hasta aquel momento. Este descubrimiento nos abrió un campo de investigación totalmente innovador y nos ofrece ahora una nueva alternativa ecológica en el sector de la refrigeración y de la calefacción sostenible.