

# ENTREVISTA A JUAN MANUEL BERMÚDEZ



## Revolucionando o mundo da refrixeración e calefacción: cambiando líquidos contaminantes por novos materiais sólidos

Juan Manuel Bermúdez García, Licenciado en Química pola Universidade de Granada, posúe un Máster en Ciencias, Tecnoloxía e Xestión Ambiental e un Doctorado en Química Ambiental e Fundamental, ambos pola Universidade da Coruña. Neste momento, desenvolve a súa liña de investigación no Centro Interdisciplinar de Química e Bioloxía (CICA) da Universidade da Coruña. Aquí, traballa na división especializada en química do estado sólido do grupo QUIMOLMAT, xunto cos profesores María Antonia Señarís Rodríguez, Socorro Castro García e Manuel Sánchez Andújar, e cun equipo de mozos investigadores predoctorais e postdoctorais.

A súa investigación está centrada no desenvolvemento de novos termomateriais sólidos para sistemas de refrixeración e calefacción con baixas emisións de gases de efecto invernadoiro, a cal xa foi recoñecida con premios da Real Academia Galega de Ciencias e de grupos especializados da Real Sociedad Española de Química, e foi finalista na Emerging Technologies Competition da Royal Society of Chemistry.



Xogou un papel moi relevante no descubrimento das "perovskiñas" e os "respiro-cálóricos", materiais sólidos capaces de transformar pequenas presións e reutilizar o CO<sub>2</sub> para proporcionar frío e/ou calor. Estes son os primeiros exemplos de materiais sólidos que poden operar en condicións similares aos gases de refrixeración e calefacción comerciais (moitos dos cales serán retirados do mercado antes do 2050 por contribuír ao aquecemento global), presentando unha alternativa moi prometedora e máis sostible.



**Materioteca de Galicia:** Como xurdiu a idea de desenvolver este material en particular?

**Juan Manuel:** No grupo de investigación onde realicei a miña Tese de Doutoramento, baixo a supervisión de María Antonia Señarís Rodríguez e Manuel Sánchez Andújar, levaban traballando desde 2009 en materiais semellantes, chamados materiais híbridos orgánico-inorgánicos. Ao longo dos anos, exploraron esta familia de materiais para diversas aplicacións tecnolóxicas, estudando principalmente as súas propiedades magnéticas e eléctricas.



Durante a miña Tese de Doutoramento, ampliamos eses estudos a outras aplicacións medioambientais, como por exemplo, materiais para a adsorción de vertidos de aceites en auga e tamén como materiais fotovoltaicos para a fabricación de células solares de baixo custo.

Ademais, na última etapa da miña Tese de Doutoramento, decidimos estudar a resposta térmica destes materiais híbridos baixo a aplicación de presión, o que nos levou a descubrir que estes materiais eran grandes candidatos para aplicacións de refrixeración e calefacción barocalórica.

**M.G.:** De onde xurden os termos “perovskiñas” e “materiais respiro-calóricos”?

**J.M.:** Estes termos foron acuñados por primeira vez no noso grupo de investigación para facer referencia a dúas novas familias de materiais híbridos que serven para aplicacións de calefacción e refrixeración ecolóxica.



O termo “perovskiña” é un chisco ao orixe galego do descubrimento. As perovskitas son un tipo de materiais que comparten unha estrutura común, pero que poden presentar unha composición química e propiedades moi diferentes entre elas. No noso caso, no 2017 descubrimos unha familia de perovskitas capaces de presentar grandes efectos barocalóricos (grandes cambios térmicos) inducidos cando aplicamos presións moi baixas sobre elas. Polo que decidimos engadir o noso sufixo -iña para facer referencia ás perovskitas con propiedades barocalóricas, as cales foron o primeiro exemplo informado de materiais híbridos barocalóricos e, ademais, traballaban a presións moi inferiores a calquera material barocalórico descrito ata a data.

No que respecta ao termo “respiro-calórico”, debeuse a que algúns materiais porosos, chamados estruturas metalo-orgánicas ou MOFs, presentan un tipo especial de transición de fase sólido-sólido, coñecida como transición de respiración, que é ben coñecida na comunidade científica desde 2002. Cando se presurizan estes materiais cun gas, por exemplo con CO<sub>2</sub>, os seus poros abrense inhalando o gas.

Do mesmo xeito, cando se reduce a presión do gas, os poros pechase exhalando de novo o gas. Isto é un fenómeno moi semellante ao que ocorre cos nosos pulmóns cando respiramos, de aí o nome da transición.

No ano 2022, no noso grupo descubrimos que estas transicións de respiración presentaban grandes efectos barocalóricos combinados con cambios térmicos da propia inhalación/exhalación (adsorción/desorción) do CO<sub>2</sub>, polo que acuñamos este termo para referirnos a este novo mecanismo de calefacción e/ou refrixeración.

**M.G.:** Cales son as vantaxes de usar este material en comparación con outros materiais existentes?

**J.M.:** Ata a data, a gran maioría dos materiais barocalóricos requiren aplicar presións superiores a 1000 bar para poder operar. Estas presións son maiores que as presións que usan os compresores das nosas neveiras e aparellos de aire acondicionado, que xeralmente operan a presións máximas de 30 bar e, no caso específico do CO<sub>2</sub> como refrixerante, poden alcanzar ata 150 bar.

As nosas perovskiñas e materiais respiro-calóricos poden traballar a presións entre 15 e 70 bar, polo que poderían implementarse nos dispositivos actuais con maior facilidade e menor custo enerxético.



Ademais, no caso dos materiais respiro-calóricos, ao traballar con CO<sub>2</sub>, convirten un residuo moi prexudicial para o medio ambiente nun recurso de alto valor engadido. É importante saber que o CO<sub>2</sub> xa é un refrixerante que se utiliza no mercado. Non obstante, as súas principais limitacións son que require altas presións de traballo (ata 150 bar) e que é difícil traballar con el en climas cálidos con temperaturas por encima dos 30 °C.

Ao combinalo cos materiais respiro-calóricos, estes reducen a presión de traballo por debaixo dos 30 bar e permiten traballar en climas ou ambientes cálidos de ata 60 °C.

**M.G.:** Desde a túa perspectiva, cáles son as aplicacións potenciais máis emocionantes ou prometedoras para este material? Exploráronse diversas aplicacións durante o proceso de desenvolvemento?

**J.M.:** Estes materiais poden ofrecer novas aplicacións no ámbito tanto da refrixeración como da calefacción. Como son materiais sólidos, poden axudar a reducir as emisións de gases de efecto invernadoiro, o principal problema dos sistemas de refrixeración e das bombas de calor actuais. Pero, ademais, a súa natureza sólida tamén permitenos "interactuar" con eles dunha maneira moi diferente aos gases refrixerantes. Por exemplo, podemos aplicar presión sobre eles coa forza dos nosos pasos ou dos nosos dedos, o que abriría as portas ao deseño de solos ou zapatillas auto-refrixerantes/calefactantes, ou incluso pantallas de teléfonos móbiles que refrixerasen o dispositivo ao teclear sobre o mesmo.



**M.G.:** Cres que este material pode ser relevante o beneficioso para a industria e as empresas na rexión de Galicia? De que maneira?

**J.M.:** O tecido económico galego depende moito da refrixeración, como no caso do sector alimentario para o proceso de produción e almacenamento de alimentos e bebidas, o sector téxtil para o proceso de fabricación de tecidos e climatización de locais, ou o sector naval para o transporte de distintos produtos en cámaras de frío, por citar algúns exemplos.

O desenvolvemento de novos materiais de refrixeración sólidos máis eficientes, sen dúbida, reduciría as emisións de carbono e o consumo enerxético destes sectores.



**M.G.:** Houberon colaboracións con outras institucións ou investigadores no desenvolvemento deste material? Como se financiou ou estase financiando a investigación e o desenvolvemento deste material?

**J.M.:** Estamos orgullosos de poder dicir que os descubrimentos das “perovskiñas” e dos materiais “respiro-calóricos” son de orixe 100% galega, realizados no Centro Interdisciplinar de Química e Bioloxía da Universidade da Coruña. Aínda que é certo que estes descubrimentos nos levaron a colaborar na mesma liña de traballo con prestixiosas universidades e centros de investigación internacionais, como a Universidade de Cambridge, a Universidade Queen Mary de Londres, o Laboratorio Ibérico Internacional de Nanotecnoloxía ou o Laboratorio Europeo de Radiación Sincrón, e que nos axudaron a seguir avanzando neste campo.

Ademais, tivemos a sorte de poder contar e seguir contando co financiamento recibido por parte do Ministerio de Ciencia e Innovación e da Xunta de Galicia a través de varios proxectos de investigación e axudas predoctorais e postdoctorais, das Axudas Ramón y Cajal, do Programa Intalent UDC-Inditex e do Programa IACOBUS. Do mesmo modo, tamén podemos contar co apoio da Fundación Barrié e do Programa Ignicia da Axencia Galega de Innovación, que están axudandonos no camiño da valorización e a transferencia tecnolóxica.

**M.G.:** ¿Cales foron os principais desafíos no desenvolvemento deste material e como se abordaron?

**J.M.:** Un dos principais desafíos desta liña de traballo radica precisamente na súa novidade. No noso grupo de investigación, non só tivemos que desenvolver os materiais, senón que tamén tivemos que desenvolver instrumentación científica que nos permitise estudar algunhas das súas propiedades térmicas. Do mesmo xeito, tamén estamos a traballar no desenvolvemento de prototipos que permitan avaliar a eficiencia enerxética destes materiais nun entorno de traballo real.



Para tratar de abordar este reto de maneira exitosa, creamos unha rede de colaboración interna entre diferentes grupos de investigación da propia Universidade da Coruña. Entre eles, o Grupo de Química Molecular e de Materiais, onde nos ocupamos do desenvolvemento dos refrixerantes sólidos; o Grupo de Propiedades Térmicas e Reolóxicas, que nos axuda na caracterización térmica destes materiais; e o Grupo de Enxeñaría Enerxética, que encargase do desenvolvemento tecnolóxico de distintos dispositivos para estudar estes materiais en arredores relevantes.

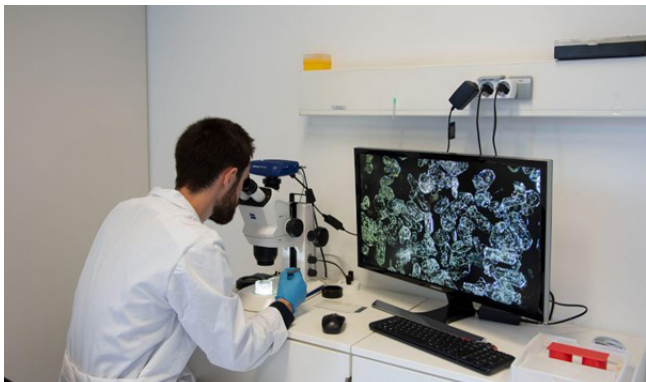
**M.G.:** Como ves o potencial de transferir este material a industrias e empresas locais? E a nivel internacional?

**J.M.:** Actualmente estamos a traballar en actividades de valorización, transferencia e comercialización da nosa tecnoloxía, en algunhas das cales contamos co apoio da Axencia Galega de Innovación. Ademais, no ano 2020, a nosa tecnoloxía foi finalista na prestixiosa “Emerging Technologies Competition” da “Royal Society of Chemistry”.

Ao longo destes anos, presentamos varias solicitudes de patentes que recollen a protección de diferentes materiais e dispositivos, sendo unha delas en co-titularidade coa empresa galega Gefico S.L. Do mesmo xeito, tamén recibimos o interese de grandes multinacionais no sector da refrixeración, coas cales asinamos acordos de confidencialidade para intercambiar información. Polo tanto, o noso obxectivo é levar ao mercado a nosa tecnoloxía nos próximos anos para que a sociedade poida beneficiarse de refrixerantes máis sostibles e eficientes.

**M.G.:** Como ves a colaboración entre o desenvolvemento deste material e a misión da Materioteca Galega? Hai formas específicas nas que este material pode contribuír aos obxectivos da Materioteca? E viceversa?

**J.M.:** A Materioteca de Galicia representou para nós unha plataforma que contribuíu a visibilizar e poñer en valor os materiais desenvolvidos no noso laboratorio. No noso caso particular, creo que este catálogo de materiais galegos contribúe a unha mellor comunicación entre a universidade e o sector privado para favorecer posibles sinerxias. Moitos dos materiais alí recollidos poden ofrecer solucións a desafíos actuais e incluso a desafíos que aínda non coñecemos. É unha gran base de datos á disposición daquelas persoas que a queiran utilizar. No noso caso particular, como xa comentei anteriormente, os nosos materiais poden ofrecer novas alternativas para o sector da refrixeración e da calefacción, reducindo as emisións e aumentando a eficiencia enerxética.



**M.G.:** Dado o enfoque da Materioteca de Galicia na sostibilidade, como se abordaron as consideracións ambientais no desenvolvemento deste material? Os "respiro-calóricos" pretenden revolucionar o mercado dos gases fluorados, que características específicas do material contribúen á súa sostibilidade?

**J.M.:** As "perovskiñas" e os materiais "respiro-calóricos" son refrixerantes sólidos que ofrecen importantes vantaxes medioambientais. Ao ser materiais sólidos, non poden escapar á atmósfera no caso de fuga ou rotura do sistema de refrixeración e, ademais, poderían ser recuperados e reutilizados facilmente, contribuíndo á economía circular. No caso dos materiais "respiro-calóricos", empregan CO<sub>2</sub> que é un gas refrixerante cun potencial de calefacción global centos de veces inferior aos gases fluorados empregados actualmente.

Do mesmo xeito, os materiais "respiro-calóricos" contribúen a que a presión de traballo do CO<sub>2</sub> se reduza desde os 150 bar ata por abaixo dos 30 bar, polo que o consumo enerxético para presurizar sería moito menor.

**M.G.:** Desde a túa perspectiva como investigador, como visualizas o futuro deste material en termos de investigación adicional e aplicacións prácticas? Hai áreas específicas que penses que deberían explorarse máis no futuro?

**J.M.:** Os nosos obxectivos futuros consisten en escalado e implementación dos nosos materiais en dispositivos reais de refrixeración e calefacción. Isto é un reto tecnolóxico moi importante, xa que ata agora estivemos a traballar a escala de laboratorio. Ademais, agora debemos estudar e optimizar a estabilidade a longo prazo destes materiais para integralos en dispositivos que van durar anos ou decenas de anos nos nosos fogares. Polo que estamos ante un novo e emocionante horizonte no camiño cara ao deseño das neveiras e aparellos de aire acondicionado do futuro. E quen sabe que outras aplicacións terán estes materiais.





**M.G.:** Que consellos darías a novos investigadores interesados en desenvolver novos materiais? Cal é o máis importante que aprendiches durante este proceso?

**J.M.:** Se tivese que transmitir un único mensaxe de toda a miña carreira investigadora ás novas xeracións sería algo así como que “todo o coñecemento é valioso”. Moitas veces estamos tan empeñados en desenvolver materiais para unha aplicación específica que, se eses materiais non funcionan para dita aplicación, descartámoslos e abandonamos o seu estudo.

Por exemplo, no caso das “perovskiñas”, estudei as súas propiedades magnéticas e eléctricas para sensores, investiguei as súas propiedades optoelectrónicas e fotovoltaicas para células solares, investiguei como precursores de materiais porosos para adsorción de vertidos de aceite en auga, e en ningunha destas aplicacións resultaron ser suficientemente competitivas con outros materiais xa descritos. Sen embargo, en lugar de abandonar estes materiais, centrámonos en seguir explorando outras propiedades que poderían presentar un interese tecnolóxico. Desta maneira, descubrimos que eran uns refrixerantes sólidos moi superiores á maioría de refrixerantes sólidos descritos ata aquel momento. Este descubrimento abriunos un campo de investigación totalmente innovador e ofrécenos agora unha nova alternativa ecolóxica no sector da refrixeración e da calefacción sostible.