

El premio Nobel de Química (2025): Desarrollo de estructuras metalo-orgánicas

Construir materiales cristalinos con espacios gigantescos a escala atómica capaces de capturar, almacenar y transformar moléculas no solo parece el guion de una película futurista. También es un sueño científico hecho realidad por los galardonados por el Premio Nobel de Química este año: Susumu Kitagawa, Richard Robson y Omar M. Yaghi. Estos entramados moleculares (MOF, por sus siglas en inglés) son una clase de materiales que han revolucionado la química de materiales y que abre nuevas vías para abordar desafíos globales como el cambio climático, la escasez de agua o la transición hacia energías limpias.

Los MOF son redes tridimensionales formadas por nodos metálicos conectados mediante moléculas orgánicas. Esta combinación crea una estructura cristalina altamente porosa: hasta el 90 % de su volumen puede ser vacío y un solo gramo puede desplegar una superficie interna de hasta 6 000 m². Dicho de otro modo, una cucharadita de polvo de MOF puede tener una superficie equivalente a la de un campo de fútbol.

Su verdadera revolución es que se pueden diseñar “a la carta”. Al cambiar el tipo de metal y las moléculas orgánicas, los investigadores pueden ajustar con precisión el tamaño de los poros, la forma de los canales y la química de sus paredes internas para hacer que interactúen con moléculas concretas. Esta modularidad es posible gracias a la llamada química reticular, una disciplina que construye materiales siguiendo patrones topológicos predecibles, casi como diseñar edificios con piezas de Lego moleculares.

Son muchas sus aplicaciones, con impacto en ámbitos muy importantes de la vida diaria. Por ejemplo, sirven para:

- Captura y almacenamiento de gases contaminantes. Algunos MOF atrapan dióxido de carbono, incluso a bajas concentraciones, algo esencial para reducir las emisiones industriales y, en el futuro, capturar CO₂ directamente del aire.
- Transición energética limpia. Su capacidad para almacenar hidrógeno y metano de manera densa y segura los convierte en aliados clave para desarrollar combustibles limpios y avanzar hacia una economía descarbonizada.
- Obtención de agua en lugares áridos. Existen MOF que absorben vapor de agua, incluso cuando la humedad es mínima, lo que permite diseñar dispositivos portátiles que “fabrican” agua potable a partir del aire del desierto.
- Catálisis de precisión y química sostenible. Al actuar como “microfábricas” moleculares, los MOF pueden catalizar reacciones dentro de espacios confinados. Con ello, imitan la precisión de las enzimas y reducen el consumo energético y la generación de residuos.
- Medicina avanzada y sensores. Su enorme superficie y la facilidad para modificarlos con moléculas activas los hace útiles en imagen biomédica, liberación controlada de fármacos o sensores químicos de alta sensibilidad.

Hace apenas dos décadas, los MOF eran un experimento de laboratorio con nombres complejos y aplicaciones hipotéticas. Hoy son una plataforma tecnológica en rápido desarrollo, estudiada tanto por grupos académicos como por grandes empresas químicas

y energéticas. Sus posibilidades se han multiplicado gracias a técnicas de síntesis más eficientes –que incluyen métodos ecológicos como la mecanoquímica o la sonoquímica, en las que las reacciones químicas se activan con métodos mecánicos o mediante ondas sonoras, respectivamente– y a herramientas de simulación computacional que permiten predecir estructuras antes de fabricarlas.

Un Nobel que mira al futuro

El galardón de 2025 no premia solo un descubrimiento elegante, sino que pone el foco en una nueva forma de pensar la química de materiales: pasar del ensayo y error a la ingeniería molecular racional.

En un mundo que necesita urgentemente tecnologías para capturar CO₂, gestionar el agua, almacenar energía limpia y reducir residuos industriales, los MOF son una pieza clave del futuro sostenible.

Además, este Nobel lanza un mensaje inspirador: la química, a menudo vista como sinónimo de contaminación, también puede ser una herramienta poderosa para proteger el planeta. Los entramados metal-orgánicos son la prueba de que imaginar y construir estructuras invisibles, átomo a átomo, puede tener un impacto muy real en nuestra vida cotidiana y en la salud del medio ambiente.

Susumu Kitagawa (1951, Kyoto). Doctor (1979) por la Universidad de Kyoto. Professor en la Universidad de Kyoto, Japón.

Richard Robson (1937, Glusburn, UK). Doctor (1962) por la Universidad de Oxford. Professor en la Universidad de Melbourne, Australia.

Omar M. Yaghi (1965, Amman). Doctor (1990) por la Universidad de Illinois Urbana-Champaign. Professor en la Universidad de California, Berkeley, EEUU.