

Impacto de los compuestos metálico-orgánicos MOF's para el desarrollo sostenible

Impact of MOF's metallic-organic compounds on sustainable development



Mónica Elices-Zabala y Beatriz Achiaga-Menor
Universidad de Deusto (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/9054>

Los compuestos metálico-orgánicos, comúnmente conocidos como MOF's (por sus siglas en inglés (*Metal-Organic Frameworks*)), son sólidos porosos formados por iones o clústeres metálicos que se

coordinan con ligandos orgánicos para formar redes cristalinas uni-, di- o tridimensionales con porosidad permanente mediante síntesis reticular (Figura 1). Así, el mismo concepto de enlace metálico-orgánico predispone la posibilidad de sintetizar innumerables compuestos, aunque en el caso de los ligandos suelen utilizarse moléculas aromáticas rígidas. Los iones metálicos más utilizados son el zinc Zn^{2+} y el cobre Cu^{2+} así como otros metales de transición o lantánidos. Los MOF's están recibiendo la atención de la comunidad científica e industrial durante los últimos años debido a sus características y a sus diversos ámbitos de aplicación.

La principal característica de los MOF's es el grado de porosidad que puede resultar de las estructuras cristalinas y, por ende, dar lugar a una amplia superficie específica disponible de forma que haya un mayor número de centros activos accesibles con capacidad de interactuar con otros átomos, iones o moléculas. Además, el tipo de redes, dependientes de la longitud de los ligandos y los grupos funcionales, así como de su distribución en el espacio, determinará otro tipo de propiedades del sólido, como el tamaño del poro, su tortuosidad o la reactividad y selectividad. La ventaja que presenta los MOF's frente a otros materiales porosos es que poseen una mayor flexibilidad en cuanto al diseño de su estructura mediante el control del tamaño y funcionalidad de sus poros según la disposición de los átomos e iones metálicos en el espacio.

Estas características les proporcionan unas propiedades que pueden hacer de estos materiales los aliados perfectos para los grandes retos a los que nos enfrentamos como sociedad los próximos años.

Las Naciones Unidas han marcado 17 objetivos del desarrollo sostenible (ODS) (Figura 2) como puntos de mira donde poner las energías investigadoras y así poder obtener cambios positivos en beneficio de las personas y del planeta. La utilización de MOF's por su gran versatilidad les hace materiales a tener muy presentes para los objetivos mundiales. Las características más conocidas son la capacidad de ad-

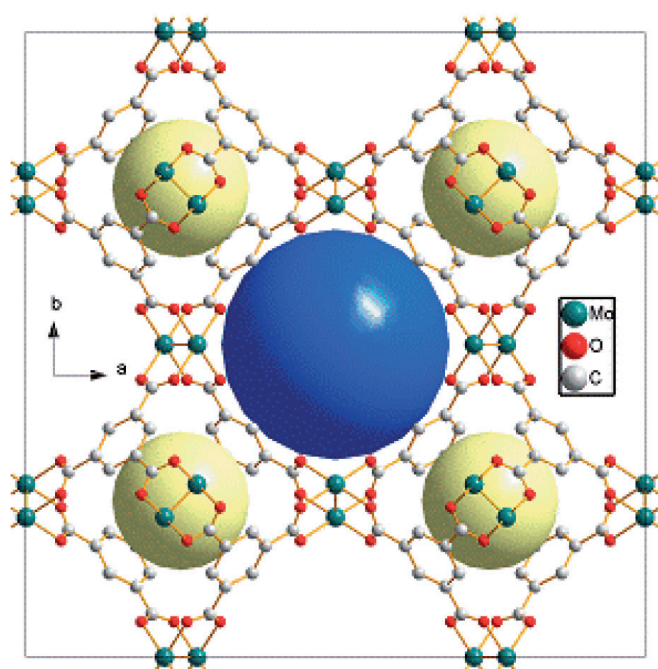


Figura 1. Estructura de un MOF generado por la asociación de iones metálicos (molibdeno Mo), que son enlazados a través de moléculas orgánicas (carbono C, oxígeno O) que forman estructuras tridimensionales y sirven como membranas [1]



Figura 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas

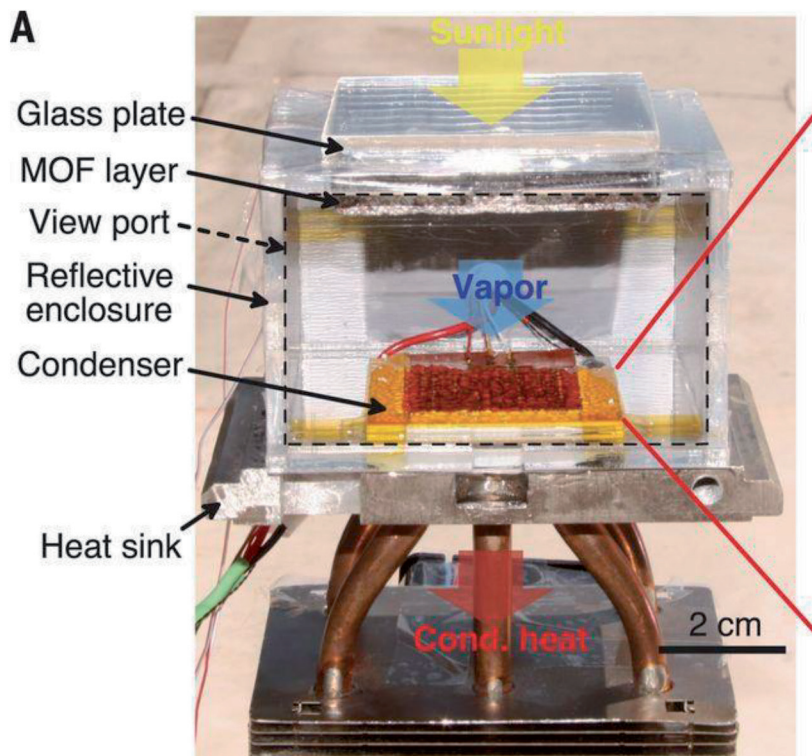


Figura 3. Prototipo de un sistema de recolección de agua, compuesto por una capa de MOF's y un condensador, que se somete a procesos de captación de agua y adsorción asistidos por energía solar [2]

sorción física, de separación y retención de gases, su uso como catalizadores heterogéneos y la posesión de propiedades magnéticas.

Estos sólidos altamente porosos pueden emplearse solos o incorporados a membranas, en la separación de gases mediante adsorción física o la selectividad determinada por sus radicales libres, de tal manera que retienen en el interior de sus estructuras gases específicos. Una aplicación altamente beneficiosa para el planeta es la posibilidad de capturar el CO₂ de la atmósfera, principal gas del efecto invernadero. Esta capacidad de mantener de forma estable en el interior de sus cavidades gases de forma selectiva le convierte en una herramienta magnífica para atacar el cambio climático (ODS 13: Adoptar medidas para combatir el cambio climático). Los procesos actuales de captura de dióxido de carbono emplean compuestos tóxicos y requieren de un elevado consumo energético, mientras que los MOF's son ambientalmente más limpios.

Otra aplicación que se está estudiando, alineada con los objetivos del desarrollo sostenible es la de uso como recipiente para el hidrógeno. Debido a la gran superficie específica puede contener gran cantidad de gas: se da el caso de que un depósito vacío tendría menor capacidad para el almacenaje de hidrógeno que el mismo recipiente lleno de MOF's. El po-

der tener volúmenes reducidos de los depósitos es fundamental para el diseño de vehículos que funcionen con combustibles limpios y por ende para la obtención de máquinas menos contaminantes (ODS 7: Garantizar energía asequible y no contaminante). El uso de estos materiales podrían ser el punto de inflexión para la obtención de las ciudades sostenibles por las que abogan las Naciones Unidas (ODS 11: Lograr ciudades sostenibles).

En la misma línea de trabajo la capacidad de atrapar y retener moléculas de agua existentes en la atmósfera (Figura 3) podría remediar los problemas de abastecimiento de agua potable en los climas más extremos, en zonas desérticas o altamente contaminadas. (ODS 6: Garantizar la disponibilidad de agua). En atmósferas con humedades entre el 5 y 70% se estima que pueden llegar a obtener 30 litros de agua al día, asegurando así en la mayor parte del planeta el acceso al agua y su gestión sostenible para todas las personas (ODS 15: Luchar contra la desertificación), acción que va directamente relacionado con la disminución de la pobreza (ODS 1: Poner fin a la pobreza) y mejora de la salud (ODS 3: Garantizar una vida sana).

Y en lo que al tratamiento del agua se refiere, las propiedades magnéticas de estas nanopartículas también les permiten obtener aguas de mejor calidad al conseguir retirar contaminantes del agua o pro-

yectar procesos de desalación a presiones muy inferiores a las convencionales. Los MOF's al ser aplicables a la captación del agua de la atmósfera, de la desalinización y del tratamiento y reutilización de aguas residuales, ayudarían a minimizar el gran conflicto de la "guerra por el agua" (ODS16: Promover sociedades justas y pacíficas).

Industrias que se verán potencialmente beneficiadas con esta tecnología son la petroquímica y la farmacéutica, al usarlos como catalizadores heterogéneos reutilizables y reciclables con características específicas para cada compuesto. Aunque a día de hoy se tienen claras sus potencialidades, la generación de fármacos inteligentes a través del uso de los MOF's está por desarrollar. Se podrá actuar para tratar zonas corporales muy específicas de forma controlada, obteniendo tratamientos más efectivos y respetuosos con el paciente.

Existen más de 6.000 MOF's, concebidos teniendo en cuenta sus diferentes aplicaciones debido a la gran variedad de metales y ligandos orgánicos que podemos conjugar. La facultad de estos materiales de diseñar la localización de cada átomo y proyectar computacionalmente las estructuras que se pretenden sintetizar posibilita evaluar su comportamiento antes de realizar el trabajo de laboratorio, promoviendo la innovación en la investigación de estos materiales y concibiendo estructuras para hacer frente a los nuevos retos que se presenten. (ODM 9: Promueven la industrialización y la innovación). Los MOF's son unos materiales a tener muy en cuenta para alcanzar las metas dispuestas por las Naciones Unidas para el año 2030.

REFERENCIAS

- [1] Ver <http://www.metal-organic-frameworks.de>
- [2] Water harvesting from air with metal-organic frameworks powered by natural sunlight - Science 2017, 356, 430-434. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aam8743>.