

Captura de Dióxido de carbono (CO₂) con material poroso Zn-MOF-74

Mondragón Rodríguez Britney Consuelo; Serrano Espejel Héctor Gonzalo; Peralta Ávila Ricardo A., Islas Jácome Alejandro; González Zamora Eduardo.

Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Química. Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Sección, Iztapalapa, Ciudad de México, C.P. 09340. México
britneymondragon21@gmail.com, h.g.s.e@Hotmail.com, rperalta@izt.uam.mx, aislas@izt.uam.mx, egz@izt.uam.mx

Introducción

El dióxido de carbono, un gas de efecto invernadero clave que impulsa el cambio climático global, sigue aumentando cada mes. En enero de 2023, los niveles de dióxido de carbono alcanzaron las 419 partes por millón de media mensual, la cuarta lectura más alta desde 1958. Las emisiones de dióxido de carbono proceden principalmente de la quema de materiales orgánicos: carbón, petróleo, gas, madera y residuos sólidos.

Los gases absorben la energía solar y mantienen el calor cerca de la superficie de la Tierra, en lugar de dejarlo escapar al espacio. Esta captura de calor se conoce como efecto invernadero. El dióxido de carbono es el principal gas de efecto invernadero, responsable de aproximadamente tres cuartas partes de las emisiones. Puede permanecer en la atmósfera durante miles de años.

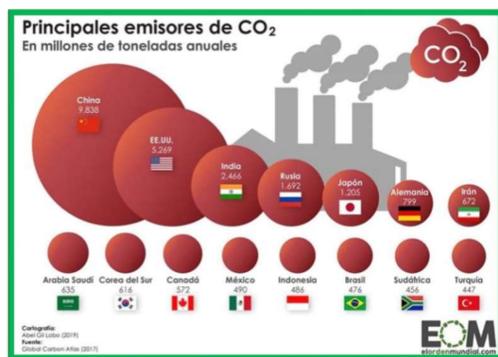
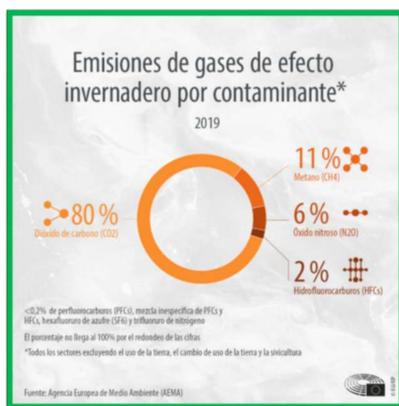


Figura 1. Gráfica de Emisiones de gases de efecto invernadero

Figura 2. Principales países emisores de CO₂

Las estructuras metal-orgánicas (MOFs por sus siglas en inglés) son materiales híbridos que combinan compuestos orgánicos y metales en su estructura. Estos materiales se caracterizan por su alta porosidad y área superficial lo que los convierte en excelentes candidatos para la captura de dióxido de carbono (CO₂).

Resultados y discusión

Síntesis del MOF como "traje a la medida"

SÍNTESIS CONVENCIONAL:

Se sintetizó Zn-MOF-74 bajo el método convencional a altas temperaturas. En un tubo de vidrio tapado de 20 mL se agregaron 2,9 mL de acetato de zinc dihidrato, 1 mmol de dhtp, 2 mL de agua y 38 mL de DMF. Esta mezcla se calentó a 100 °C durante 20 horas. Posteriormente se separaron los cristales de Zn-MOF-74 por centrifugación. Se lavó dos veces con DMF y después tres veces con metanol anhidro. El material se almacenó sumergido en metanol.

SÍNTESIS A TEMPERATURA AMBIENTE:

Zn-MOF-74 fue sintetizado siguiendo el método reportado a temperatura ambiente con una relación molar de 2 metales: 1 linker. Dos soluciones fueron preparadas: se añadió por goteo la solución 1 de 1 mmol de ácido 2,5 dihidroxitereftálico (dhtp) y 6,6 mL de metanol, la solución 2 de 2 mmol de acetato de zinc dihidrato (Zn(CH₃COO)₂·2H₂O) y 3,3 mL de metanol, la solución 1 se añadió a la solución 2 mediante goteo lento con agitación continua a temperatura ambiente durante 18 horas. Después, los cristales de Zn-MOF-74 se separaron mediante centrifugación y se lavaron con metanol tres veces para eliminar el exceso de reactivo dentro de los poros del MOF. El material se almacenó sumergido en metanol.

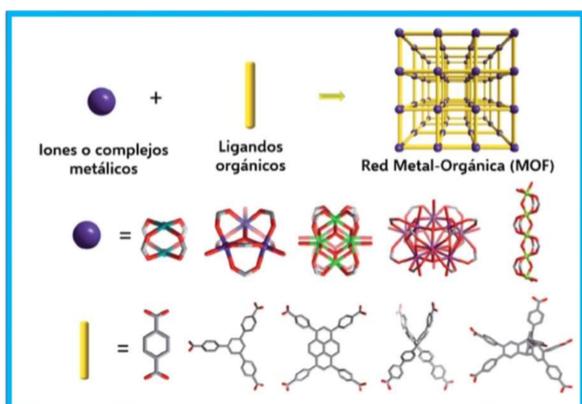


Figura 3. Complejos metálicos y Ligandos orgánicos para la síntesis de una MOF

La porosidad de los MOF permite la adsorción selectiva, lo que significa que pueden capturar y retener el contaminante mucho tiempo.

La propuesta para este trabajo es trabajar con la MOF Zn-MOF-74, el cual tiene un volumen de poro de 0,39 cm³/g y un tamaño de poro aproximado de 12nm

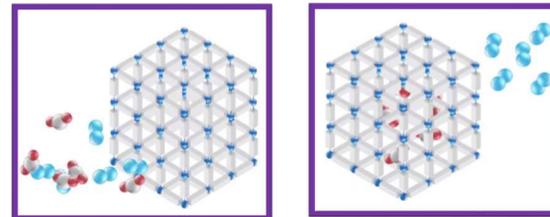


Figura 4. Proceso de la captura del CO₂ en una MOF

Científicos han tomado las primeras imágenes de moléculas de CO₂ dentro de una jaula molecular, que confirma su potencial para atrapar este gas de efecto invernadero.

Los MOF tienen las mayores áreas de superficie de cualquier material conocido. Un solo gramo puede tener un área de superficie casi del tamaño de dos campos de fútbol, ofreciendo un amplio espacio para que las moléculas huéspedes ingresen a millones de jaulas anfitrionas.

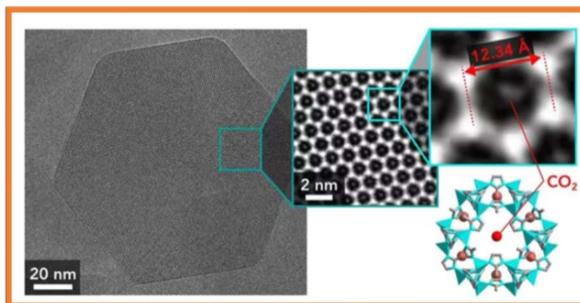


Figura 5. "Jaula para gases de efecto invernadero" proveniente de una nanopartícula altamente porosa conocida como MOF, o estructura metal-orgánica.

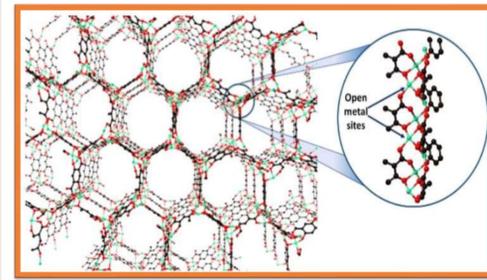


Figura 6. Código de colores y estructura del Zn-MOF-74. Verde Zinc, Negro Carbono y Rojo Oxígeno

Conclusiones

La versatilidad estructural y composición de los materiales porosos abre una nueva posibilidad de controlar las propiedades químicas de los grupos funcionales así como la arquitectura y dimensiones de los poros, canales y aperturas de la estructura, convirtiéndolos en una alternativa muy interesante para la adsorción específica de gases. Particularmente en aplicaciones relacionadas con la separación y el almacenamiento de gases de interés industrial. En este contexto, el caso del dióxido de carbono y azufre, son especialmente atractivos, dada la necesidad tecnológica para resolver su forma de almacenamiento y liberación al ambiente. Siendo probablemente su aplicación industrial la que permita las mayores perspectivas de aplicación de estos materiales. Sus únicas propiedades texturales, teniendo diferentes centros metálicos saturados e insaturados o su funcionalización química, permiten un control racional de la energía de interacción con diferentes gases y su capacidad de almacenamiento.

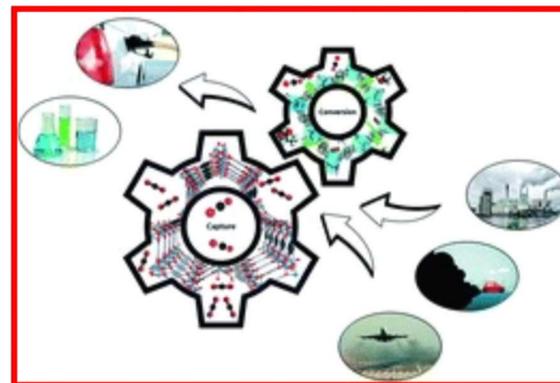


Figura 7. MOFs como materiales versátiles para la captura-conversión de CO₂

Bibliografía

[1] Kim, H., & Hong, C. S. (2021). MOF-74-type frameworks: tunable pore environment and functionality through metal and ligand modification. *CrystEngComm*, 23(6), 1377–1387. <https://doi.org/10.1039/d0ce01870h>

[2] Choe, J. H., Kim, H., & Hong, C. S. (2021). MOF-74 type variants for CO₂ capture. *Materials Chemistry Frontiers*, 5(14), 5172–5185. <https://doi.org/10.1039/d1qm00205h>

[3] Demir, H., Aksu, G. O., Gulbalkan, H. C., & Keskin, S. (2022). MOF membranes for CO₂ capture: Past, present and future. *Carbon Capture Science & Technology*, 2(100026), 100026. <https://doi.org/10.1016/j.ccst.2021.100026>