

# Avance y Perspectiva

Revista de divulgación del CINVESTAV

## Conociendo a los materiales mesoporosos

Karina Galache · Sunday, January 31st, 2021

Categorías: Ciencias Naturales y de la Salud, Zona Abierta

En la naturaleza podemos encontrar gran cantidad de sustancias que el hombre ha utilizado a lo largo de los años para diferentes usos cotidianos. Por ejemplo, de la tierra obtuvo el adobe (barro) y tapia (arcilla y arena) para la construcción. Otro tipo de elementos con propiedades y fines específicos, como poros de distintos tamaños que se han utilizado con fines específicos, como el carbón vegetal que se obtenía de la madera o la cáscara de coco, y tenía diversas aplicaciones. En el año 400 a.C., un médico de la antigua Grecia llamado Hipócrates lo recomendaba como medio para filtrar agua y eliminar malos olores y sabores. 50 años más tarde, los fenicios lo utilizaron para almacenar agua para el consumo humano. Además, estas civilizaciones también encontraron usos médicos para esos materiales, como el tratamiento contra afecciones gastrointestinales y la mitigación de olores corporales.

Actualmente, el uso de los materiales con poros definidos se ha incrementado en gran medida, debido a su amplia gama de aplicaciones tales como en la catálisis heterogénea, la separación de moléculas y la generación de nuevas energías (Costa et al., 2020). De entre todos los integrantes porosos de este campo, sobresalen los mesoporosos, cuyo nombre proviene de la clasificación de acuerdo con su porosidad, la cual se define como la medida de sus poros. La palabra poro proviene del latín tardío (porus), y éste, del griego πορός (póros), que significa 'vía, conducto'. Según la Real Academia Española, la palabra poro significa: "intersticio que hay entre las partículas de los sólidos de estructura discontinua". Por lo tanto, es posible clasificarlos, de acuerdo con la IUPAC (Zdravkov et al., 2007), en función de su tamaño de poro, de la siguiente manera:

- Microporos: aquéllos que presentan un diámetro inferior a 20 Å.
- Mesoporos: los que tienen un diámetro entre 20 y 500 Å.
- Macroporos: poseen un diámetro superior a 500 Å.

En particular, los mesoporos han atraído gran atención debido a sus propiedades fisicoquímicas, tales como una gran área superficial específica, la uniformidad de los poros, su interacción con iones, su relativa facilidad de síntesis (Eşlek Koyuncu & Okur, 2021) y múltiples aplicaciones en: adsorción, catálisis, fotocatalisis, intercambio iónico, petroquímica, absorción de gases, entre otras. Su síntesis fue reportada por primera vez por Kato y col. (1990), pero fue hasta 1992 cuando la empresa Mobil describió la síntesis de un tamiz molecular mesoporoso denominado M41S. Desde su descubrimiento, estos materiales han despertado el interés de muchos investigadores, enfocados en la variación de las condiciones de reacción para obtener porosidades uniformes entre 2 y 50 nm,

o lograr un ordenamiento poroso definido con simetrías particulares, como la hexagonal 2D, la cúbica 3D o la laminar. También se han concentrado en controlar la morfología y el tamaño de las partículas con el uso de surfactantes que forman micelas en las primeras etapas de síntesis.

Existe una amplia variedad de mesoporosos que se encuentran disponibles y son sencillos de sintetizar; ejemplos de ellos son las arcillas y los silicatos. Las arcillas son minerales mesoporosos muy abundantes en la naturaleza. Se encuentran dispersas en prácticamente toda la superficie del planeta, posicionándose como uno de los materiales más importantes debido a su gran multifuncionalidad. Dependiendo de su aplicación, las arcillas se pueden fabricar a “medida del cliente”, es decir, es posible modificar sus propiedades específicas, variando su composición química y adoptando una estructura deseada, Figura 1. Una característica muy importante de las arcillas es la capacidad de intercambio iónico, con la cual se puede alterar ampliamente su estructura, al intercambiar las especies interlaminares originales por especies con una función de interés particular, por ejemplo, con actividad farmacológica o industrial.



Durante muchos años, dentro del grupo de trabajo en el Laboratorio de Materiales Bio-Activos de la BUAP, se han desarrollado la síntesis y la modificación de arcillas, tanto catiónicas como aniónicas a través de métodos innovadores, como la cristalización asistida por microondas o por ultrasonido, con aplicaciones como la inhibición de bacterias (Segura-Pérez et al., 2020) y hongos (Velázquez-Herrera et al., 2018), catalizadores (Velázquez-Herrera et al., 2020b) y adsorbentes (Fetter & Bosch, 2010), por citar solo algunos ejemplos.

Los silicatos (Figura 2) son minerales mesoporosos de sílice en los cuales un átomo de silicio está rodeado por cuatro átomos de oxígeno que forman un tetraedro y presentan una baja acidez, lo cual se atribuye a los grupos silanoles que se encuentran en la superficie. Este tipo de material ha encontrado un lugar muy importante como soporte de otros, debido a que es un material con baja reactividad química y presenta características únicas, como una gran área superficial específica, lo que le permite fungir como soporte de materiales muy reactivos con una baja área superficial, por mencionar un ejemplo. Una propiedad muy importante de los silicatos es la gran versatilidad para sintetizar estructuras híbridas, que depende de la aplicación que se le vaya a dar y del agente director de la configuración que puede ser catiónico, aniónico o neutro.



Figura 2. Representación de un silicato (ciclosilicato)

La investigación referente a los silíceos es relativamente nueva en nuestro grupo de trabajo. En ella se ha modificado su superficie con minerales arcillosos para la adsorción de CO<sub>2</sub> (Pérez-Verdejo et al., 2014), la adsorción de contaminantes (Sampieri et al., 2018) y como catalizadores para la síntesis de compuestos de interés terapéutico (Velázquez-Herrera et al., 2020a). Asimismo, en el laboratorio de Nanomateriales Sustentables de la ESIQIE-IPN, se han logrado sintetizar materiales mesoporosos con base de sílice, tales como el SBA-15, mediante la irradiación simultánea de microondas-ultrasonido durante la etapa de cristalización, lo que ha permitido reducir considerablemente los tiempos de síntesis de 72 horas a 1 min, además de controlar sus propiedades texturales (área superficial, porosidad) y morfológicas.

Finalmente, en los últimos años aplicaciones como la catálisis, la fotocatalisis, la inhibición de bacterias, la liberación controlada de fármacos y otras, han requerido un avance importante, tanto de forma industrial como académicamente, y se ha recurrido al empleo de materiales mesoporosos,

que ofrecen propiedades específicas para cada campo de aplicación, lo que los coloca como los materiales multifuncionales más empleados actualmente, tanto en forma individual, y como soporte de otros.

## Referencias

Costa, J. A. S., de Jesus, R. A., Santos, D. O., Mano, J. F., Romão, L. P. C., & Paranhos, C. M. (2020). Recent progresses in the adsorption of organic, inorganic, and gas compounds by MCM-41-based mesoporous materials. *Microporous and Mesoporous Materials*, 291(August 2019), 109698. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2019.109698>

Eslek Koyuncu, D. D., & Okur, M. (2021). Removal of AV 90 dye using ordered mesoporous carbon materials prepared via nanocasting of KIT-6: Adsorption isotherms, kinetics and thermodynamic analysis. *Separation and Purification Technology*, 257(April 2020), 117657. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117657>

Fetter, G., & Bosch, P. (2010). Microwave effect on clay pillaring. In A. Gil, S. A. Korili, R. Trujillano, & M. A. Vicente (Eds.), *Pillared clays and related catalysts* (1st ed., pp. 1–21). Springer-Verlag New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6670-4>

Pérez-Verdejo, A., Sampieri, Á., Pfeiffer, H., Ruiz-Reyes, M., Santamaría, J.-D., & Fetter, G. (2014). Nanoporous composites prepared by a combination of SBA-15 with Mg–Al mixed oxides. Water vapor sorption properties. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 5, 1226–1234. <https://doi.org/10.3762/bjnano.5.136>

Sampieri, A., Pérez-Osorio, G., Hernández-Espinosa, M. Á., Ruiz-López, I. I., Ruiz-Reyes, M., Arriola-Morales, J., & Narváez-Fernández, R. I. (2018). Sorption of BTEX on a nanoporous composite of SBA-15 and a calcined hydrotalcite. *Nano Convergence*, 5(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s40580-018-0153-2>

Segura-Pérez, V., Lobo-Sánchez, M., Velázquez-Herrera, F. D., Frías-Vázquez, D. A., Reyes-Cervantes, E., & Fetter, G. (2020). Hydrotalcite/hydroxyapatite composites with high bacterial activity against clinical bacteria. A new alternative to prevent osteomyelitis diseases. *Microporous and Mesoporous Materials*, 298(November 2019). <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2020.110069>

Velázquez-Herrera, F. D., Fetter, G., Rosato, V., Pereyra, A. M., & Basaldella, E. I. (2018). Effect of structure, morphology and chemical composition of Zn-Al, Mg/Zn-Al and Cu/Zn-Al hydrotalcites on their antifungal activity against *A. niger*. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(2), 3376–3383. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.04.069>

Velázquez-Herrera, F. D., González-Rodal, D., Fetter, G., & Pérez-Mayoral, E. (2020a). Enhanced catalytic performance of highly mesoporous hydrotalcite/SBA-15 composites involved in chromene multicomponent synthesis. *Microporous and Mesoporous Materials*, 309. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2020.110569>

Velázquez-Herrera, F. D., González-Rodal, D., Fetter, G., & Pérez-Mayoral, E. (2020b). Towards highly efficient hydrotalcite/hydroxyapatite composites as novel catalysts involved in eco-

synthesis of chromene derivatives. *Applied Clay Science*, 198. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2020.105833>

Yanagisawa, T., Shimizu, T., Kuroda, K., & Kato, C. (1990). The Preparation of Alkyltriethylammonium–Kaneinite Complexes and Their Conversion to Microporous Materials. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 63(4), 988–992. <https://doi.org/10.1246/bcsj.63.988>

Zdravkov, B., Āermák, J., Šefara, M., & Jank?, J. (2007). Pore classification in the characterization of porous materials: A perspective. *Open Chemistry*, 5(2), 385–395. <https://doi.org/10.2478/s11532-007-0017-9>

This entry was posted on Sunday, January 31st, 2021 at 4:14 pm and is filed under [Ciencias Naturales y de la Salud](#), [Zona Abierta](#)

You can follow any responses to this entry through the [Comments \(RSS\)](#) feed. Both comments and pings are currently closed.