

## **Desarrollo de materiales porosos**

### **Development of porous materials**

**Simón Yobanny Reyes-López<sup>1\*</sup>, Pamela Nair Silva-Holguin<sup>1</sup>, José Hafid Roque-Ruiz<sup>1</sup>,  
Jesús Alberto Garibay-Alvarado<sup>1</sup>, Jonatan Torres-Perez<sup>1</sup>, Nahum Andrés Medellín-  
Castillo<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Envolvente del PRONAF y Estocolmo s/n, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C. P. 32310.

<sup>2</sup>Centro de Investigación y Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Dr. Manuel Nava No. 8, San Luis Potosí, SLP, C. P. 78210, México.

\*corresponding author: [simon.reyes@uacj.mx](mailto:simon.reyes@uacj.mx)

**Keywords: Adsorption, electrospinning, Sol-gel.**

**Palabras Clave: Adsorción, electrohilado, Sol-gel.**

#### **Introducción:**

Recientemente se ha incrementado el interés en el uso de materiales cerámicos en procesos de adsorción. Sin embargo, son utilizados principalmente en forma de partícula, lo cual conlleva ciertas desventajas, como la formación de aglomerados, pérdida de área superficial y de sitios activos disponibles. Los aspectos negativos dificultan la recuperación posterior del material, haciendo necesarios equipos de separación adicionales. Por esta razón se ha generado interés en realizar modificaciones a los materiales cerámicos, como utilizar materiales como soporte de forma esférico o estructuras fibrilares cerámicas. En el presente trabajo se describe la metodología para la obtención de fibras de alúmina y de hidroxiapatita-sílice por medio del proceso sol-gel y la técnica de electrohilado y una técnica para la producción de esferas cerámicas de alúmina con recubierta de hidroxiapatita.

#### **Metodología**

Obtención de fibras de alúmina: Las soluciones precursoras utilizadas para la obtención de fibras de alúmina fueron preparadas por el proceso sol-gel. Primero, se preparó una solución de polivinilpirrolidona al 12%, utilizando agua desionizada y etanol como solventes. Después fue agregada una cantidad determinada de nitrato de aluminio nonahidratado como precursor cerámico. Además, fue preparada una solución del copolímero Pluronic 127 en etanol, y mezclada con la solución anterior hasta obtener un producto homogéneo. El hidróxido de amonio ha sido empleado en estudios previos para producir la hidrólisis forzada de sales de aluminio y acelerar la generación de coloides de hidróxidos del aluminio. La formación de hidróxidos como boehmita y gibbsita es necesaria para la obtención de soluciones precursoras de alúmina por el proceso sol-gel. Las soluciones preparadas fueron transferidas a jeringas de vidrio con aguja de acero y se colocaron en una bomba de inyección. El proceso de electrohilado se realizó, utilizando diferentes valores de Voltaje (kV), Flujo de alimentación ( $\mu\text{L}/\text{min}$ ) y Distancia de la aguja

al colector (cm). También se registraron los valores ambientales de temperatura (°C) y humedad relativa (%).

Obtención de esferas de alúmina: La solución gelificante de BaCl<sub>2</sub> 0.6 M se preparó pesando 49.9 g de BaCl<sub>2</sub> y se agregaron en un matraz aforado de 500 mL. Posteriormente el matraz se llenó con agua destilada hasta la línea de aforo, se prosiguió a mezclar por agitación manual hasta disolver por completo el BaCl<sub>2</sub> obteniendo una solución homogénea. El alginato de sodio al 10% se prepara, agregando 25 g de alginato de sodio en 250 mL de agua destilada. La mezcla se colocó en un vaso de precipitados y se disolvió por agitación magnética hasta obtener una solución homogénea y sin grumos. El PVA al 7% se preparó disolviendo 19.75 g de PVA en 250 mL de agua destilada. Se colocó a agitación magnética a una temperatura de 60 °C hasta su homogenización. La pasta se preparó agregando 2% de alginato de sodio al 10%, 2% de PVA al 7%, 60% de alúmina y 36% de agua destilada en un vaso de precipitados, esto se llevó a agitación magnética hasta obtener una pasta blanca homogénea. La pasta se colocó en jeringas de 5 mL adaptadas con una aguja de 0.71 mm de diámetro. Posteriormente se agregó la solución gelificante en un vaso de precipitados, luego se colocó la jeringa con la pasta de manera vertical sobre la solución gelificante a una distancia de 2 cm y se procedió a gotear la pasta lentamente para formar las esferas. Finalmente, las esferas se retiraron del vaso de precipitados para colocarlas en un tubo Falcon con 10 mL de solución gelificante y se dejaron envejecer por 1 día. Luego del envejecimiento las esferas se secaron en la estufa a 100 °C por 2 h, posterior a esto, se colocaron en la mufla a 800 °C (5 °C / min) por 2 h, finalmente se sinterizaron a 1600 °C (5 °C / min) por 2 h. La morfología y el diámetro promedio de las fibras y esferas en verde obtenidas, así como de las muestras tratadas térmicamente, fueron determinados por medio de microscopia electrónica de barrido. La técnica de Espectroscopia Infrarroja con Transformada de Fourier fue utilizada para identificar las bandas vibracionales características de enlaces y grupos funcionales de las especies presentes en las fibras en verde y en las muestras tratadas térmicamente a 800 y 1600°C. La técnica de difracción de rayos X fue utilizada para identificar las fases cristalinas presentes en las muestras en verde y en las tratadas térmicamente (800 y 1600°C). La evolución térmica desde las fibras en verde hasta obtener un material cerámico denso fue determinada por medio de las técnicas de Análisis térmico.

## Resultados

El diámetro promedio de las fibras en verde fue de 400±100 nm para las fibras de alúmina y 250±65 nm para las fibras de hidroxiapatita-sílice. Las fibras de alúmina preparadas con una mayor relación molar de nitrato de aluminio son más estables y mantuvieron su morfología. El diámetro promedio de las fibras tratadas térmicamente es de 153±39 nm. Las fibras de alúmina con la mayor relación molar tratadas a 800°C (S6 800) están conformadas por  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, mientras que las fibras tratadas a 1600°C (S6 1600) se componen de  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Figura 1a). Las esferas que se obtuvieron cuentan con un diámetro aproximado de 2mm, con superficie irregular y partículas entrelazadas luego del proceso de sinterización. Las nanopartículas de plata fueron agregadas por medio de la técnica de electrodeposición, luego de la electrodeposición las esferas se tornaron a un color grisáceo, con lo que se demostró la deposición de las nanopartículas de plata sobre la superficie de las partículas de alúmina (Figura 1b).

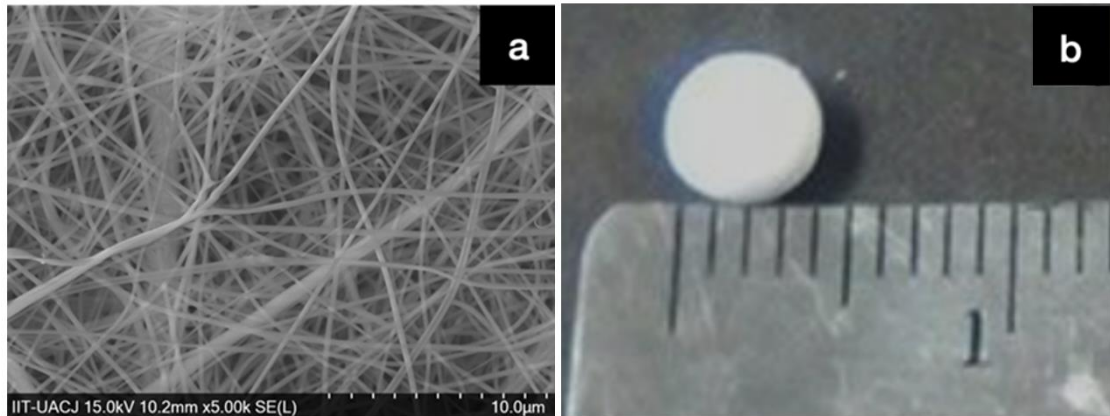


Figura 1. Fibras de SiO<sub>2</sub>-HA y b) Esferas de alúmina.

### Bibliografía

- Reyes-López, S. Y., Acuña, R. S., López-Juárez, R., & Rodríguez, J. S. (2013). Analysis of the phase transformation of aluminum formate Al (O<sub>2</sub>CH)<sub>3</sub> to  $\alpha$ -alumina by Raman and infrared spectroscopy. *Journal of Ceramic Processing Research*, 14(5), 627-631.
- Roque-Ruiz, J. H., Castillo-Ramírez, D., de Jesús Ruíz-Baltazar, Á., Espinosa-Cristóbal, L. F., & Reyes-López, S. Y. (2018). Preparation of silver-doped alumina spherical beads with antimicrobial properties. *Journal of Nanomaterials*, 2018.
- Vargas-Martínez, N., Ruíz-Baltazar, Á. D. J., Medellín-Castillo, N. A., & Reyes-López, S. Y. (2018). Synthesis of  $\alpha$ -alumina nano-onions by thermal decomposition of aluminum formate. *Journal of Nanomaterials*, 2018.
- Roque-Ruiz, J. H., Castillo-Ramírez, D., de Jesús Ruíz-Baltazar, Á., Espinosa-Cristóbal, L. F., & Reyes-López, S. Y. (2018). Preparation of silver-doped alumina spherical beads with antimicrobial properties. *Journal of Nanomaterials*, 2018.