

---

## Síntesis y propiedades de nanocompuestos poliestireno/nanopartículas de plata obtenidas mediante polimerización en emulsión

*R. Betancourt-Galindo<sup>\*1</sup>, G. Morales<sup>1</sup>, R. Castrejon-Espino<sup>2</sup>, B. Puente Urbina<sup>1</sup>, O. Rodríguez-Fernández<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Química Aplicada, Blvd. Enrique Reyna No. 140 Col. Saltillo 400. Saltillo, Coah., México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Químicas, Blvd. V. Carranza e Ing. José Cárdenas V., Saltillo, Coah., México.

Email: rgalindo@ciqa.mx

### 1. Resumen

La síntesis de nanocompuestos de poliestireno (PS)/nanopartículas de plata (Ag) se llevó a cabo mediante polimerización en emulsión, utilizando nanopartículas de Ag sin y con modificación superficial. La modificación superficial se llevó a cabo empleando aminopropiltrimetoxisilano (APTMS) y en el proceso de emulsión se evaluaron dos surfactantes: el FES61 y el bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB), y dos iniciadores: el 2,2 Azobisisobutironitrilo (AIBN) y el persulfato de potasio (KPS), a una temperatura de 80°C durante 8 horas. Los nanocompuestos obtenidos, caracterizados por microscopía electrónica de transmisión (HRTEM), espectroscopía de infrarrojo (FTIR) y análisis termogravimétrico (TGA), presentan una morfología y una distribución de tamaño de partícula uniforme.

### 2. Introducción

La síntesis de nanocompuestos poliméricos a partir de la incorporación de nanopartículas metálicas ha sido de gran interés por su gran potencial en aplicaciones como biomedicina, electrónica y en sensores ópticos [1] existiendo por otra parte, aumentos en propiedades tales como estabilidad térmica, esfuerzo mecánico, así como en propiedades eléctricas y ópticas [2]. Estos nanocompuestos se obtienen por encapsulación de diferentes nanopartículas inorgánicas tales como Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Ag, ZnO, etc; mediante polimerización en emulsión *in-situ* [3], en

miniemulsión [4], y emulsión [5]. Esta última ha sido utilizada en los últimos años, para la encapsulación de partículas inorgánicas en una matriz polimérica de PS y PMMA, obteniéndose polímeros estables, con una morfología core-shell, con una buena dispersión y con un tamaño de partícula homogéneo [5].

En este trabajo se reporta la encapsulación de nanopartículas de plata dentro de una matriz de poliestireno a partir de la obtención de una solución micelar estable. Para ello se emplearon nanopartículas de plata modificadas y sin modificar y dos diferentes surfactantes e iniciadores a fin de lograr una mejor adhesión de las nanopartículas en la matriz polimérica y homogeneidad en el tamaño de partícula del nanocompuesto.

### **3. Parte experimental**

#### *3.1 Modificación superficial de las nanopartículas*

La modificación superficial de las nanopartículas se realizó empleando 3-aminopropiltrimetoxisilano (APTMS) en una relación 1:1 APTMS:NanoAg, a 80 °C y con agitación durante 6 horas, bajo reflujo. Luego se decantó el solvente y el residuo se seco a 80 °C por 24 horas y los residuos de solvente se liofilizaron.

#### *3.2 Síntesis del nanocompuesto*

Una dispersión de nanopartículas de Ag modificadas y sin modificar se incorporó a una solución micelar surfactante/agua (CTAB/H<sub>2</sub>O ó FES61/H<sub>2</sub>O) a temperatura ambiente. Posteriormente, se adicionó el St y se sonificó durante 5 minutos hasta obtener una emulsión estable. Se selló el reactor y se dejó en atmósfera inerte durante 30 min y luego se calentó a 80 °C durante 6 horas.

#### *3.3 Caracterización de nanopartículas y del nanocompuesto PS/Ag*

La caracterización de las nanopartículas modificadas y sin modificar se realizó por espectroscopía de infrarrojo (Nicolet Magna 550) y la del nanocompuesto mediante microscopía electrónica de transmisión (FEI Titan 300 kV ).

### **4. Resultados y discusión**

En el caso del tratamiento superficial de las nanopartículas de Ag con APTMS, los grupos Si-CH<sub>3</sub> del agente de modificación pueden reaccionar con los grupos hidroxilo presentes en la superficie de las nanopartículas dando lugar a la injerencia del agente en la superficie de las nanopartículas de Ag como se observa en el espectro de FTIR (Figura 1), donde se evidencian las bandas a 925, 1014 y 1132 cm<sup>-1</sup>, indicativas de los enlaces Si-O-Ag ó Si-O-Si formados durante la etapa de modificación, además del pico a 1640 cm<sup>-1</sup> correspondiente al enlace C=C de la molécula APTMS.

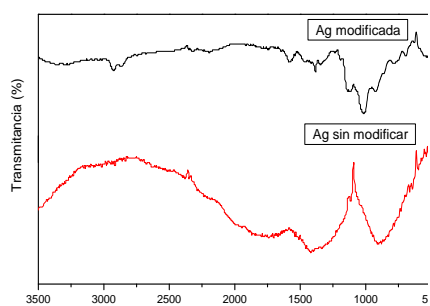


Figura 1. FTIR para las nanopartículas Ag modificadas con AMPTS

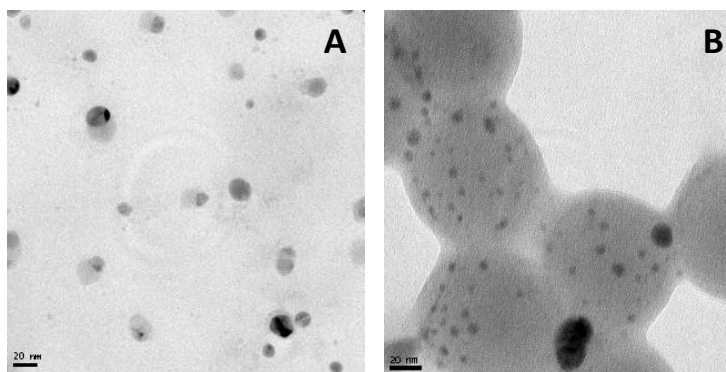


Figura 2. Micrografía de Ag comercial y del nanocompuesto con Ag modificada utilizando FES61 y AIBN

Los nanocompuestos sintetizados con nanopartículas de Ag modificadas y sin modificar (comerciales, con morfología esférica) obtenidos a partir de polimerización en emulsión variando los surfactantes CTAB y FES61 y los iniciadores, fueron analizados por HTEM, evaluando el efecto sobre el grado de encapsulación de las nanopartículas de Ag. En la Figura 2a se muestra la micrografía de las nanopartículas de plata comerciales (tamaño de partícula menor a los 20 nm) y en la Figura 2b la micrografía del nanocompuesto sintetizado con plata modificada con el surfactante FES61 y con el iniciador AIBN, observándose una buena encapsulación y dispersión de las nanopartículas de Ag en la matriz polimérica, dado por la adhesión y compatibilidad entre el agente de modificación superficial de las nanopartículas, el surfactante y la cadena polimérica. La morfología es de tipo esférica y con un tamaño de partícula menor a los 100 nm. La presencia de Ag en las nanopartículas de PS se corroboró mediante análisis de difracción de electrones.

En la Figura 3 se presenta el nanocompuesto obtenido con CTAB como surfactante y KPS como iniciador, evidenciándose un alto grado de encapsulación de las nanopartículas de plata y un tamaño homogéneo de partícula del orden de 100 nm.

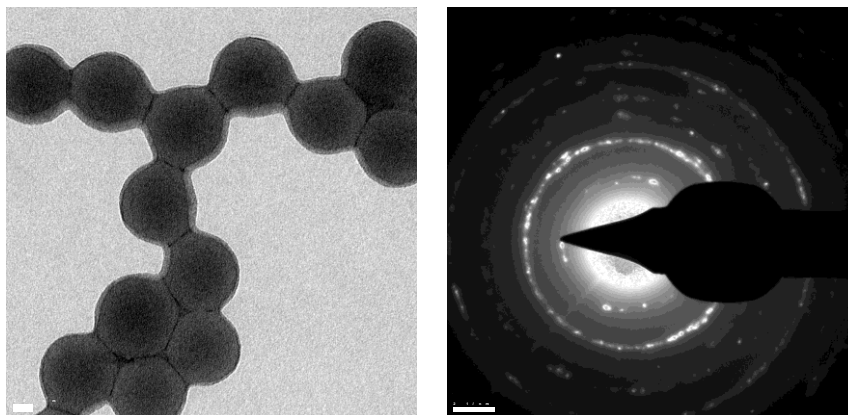


Figura 3. Micrografía del nanocompuesto con Ag sin modificar utilizando CTAB y KPS

## 5. Conclusiones

Mediante el método de polimerización en emulsión y variando el tipo de surfactante e iniciador, pudieron prepararse nanocompuestos de PS/Ag, con una buena encapsulación de nanopartículas de plata modificadas y sin modificar, con tamaño de partícula homogéneo, menor a los 150 nm.

## 6. Referencias.

- [1] Narayanan R., El- Sayed M. A., *J. Phys. Chem. B* 109, 12663, (2005).
- Yang L., Ge X., Wang M., Song L., He X. *Materials Letters* 62, 429-431, (2008).
- [2] Langashetty A. Venkataram A., *Polymer Nanocomposites*, (2005).
- [3] Tang E., Liu H., Sun L., Zheng E., Cheng G. *European Polymer Journal* 43, 4210-4218, (2007).
- [4] Betancourt Galindo R., Saldívar R., Rodríguez Fernández O. S. Ramos de Valle L. F. *Polymer Bulletin*, 51, 395-402, (2004).
- [5] Liu W., Zhang Z., He W., Zheng Ch., Ge X., Li J., Liu H., Jiang H. *Journal of Solid State Chemistry* 179, 1253-1258, (2006).