

**XXV**  
Congreso Nacional  
de la Sociedad  
Polimérica de México

Mérida, Yucatán, 7-10 de Noviembre de 2012

## **Efecto antibacterial en compósitos poliméricos utilizando aluminosilicatos como soporte de nanopartículas de plata**

Tania E. Lara-Ceniceros<sup>1</sup>; Guillermo Acosta-González<sup>1</sup>; José Bonilla-Cruz<sup>1</sup>; Fátima Pérez-Rodríguez<sup>1</sup>; Gregorio Vargas-Gutiérrez<sup>2</sup>; Ana C. Lara-Ceniceros<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.-Unidad Monterrey, Alianza Norte 202, Parque PIIT, 66600, Apodaca, Nuevo León, México

<sup>2</sup>CINVESTAV-Salttillo, Carretera Saltillo-Monterrey Km 13, 25900, Ramos Arizpe, Coahuila, México

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Blvd. V. Carranza S/N, República Oriente, Saltillo, Coahuila, México

### RESUMEN

En el presente trabajo se utilizaron aluminosilicatos (Zeolitas) que poseen la capacidad de intercambio iónico como soporte en la síntesis de nanopartículas de plata y se obtuvieron compósitos poliméricos con propiedades antibacteriales. Los aluminosilicatos resultaron ser una excelente herramienta para intercambio catiónico de iones  $K^+$  por iones  $Ag^+$  durante la síntesis de AgNP's en medio acuoso. Se analizó la morfología de las AgNP's final por SEM, donde se observó que las AgNP's se encuentran decorando tanto superficies como cavidades de las zeolitas. Una caracterización más detallada se llevó a cabo utilizando SAXS. Espectros de UV-Vis y RAMAN soportan estos resultados. Aunado al soporte de las AgNP's en la Zeolita, se obtuvieron compósitos de polipropileno utilizando un extrusor doble husillo co-rotatorio. Finalmente, se realizaron probetas por moldeo por inyección y sobre estas superficies se realizaron evaluaciones antibacteriales para E.Coli y S. Aureus utilizando el método de prueba JIS-Z2801, mostrando una efectividad de moderada a alta dependiendo de la concentración del soporte en la matriz polimérica.

### Introducción

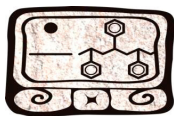
El desarrollo de materiales con propiedades antibacteriales ha tomado un interés científico y tecnológico de gran interés debido a las aplicaciones potenciales de estos materiales en la industria de empaques alimenticios y en sistemas para aplicaciones biomédicas. Recientemente se han desarrollado materiales híbridos orgánicos/inorgánicos basados en matrices poliméricas termoplásticas con la finalidad de obtener efectos antibacteriales utilizando nanopartículas de plata (AgNP's)[1]. Estos esfuerzos han presentado ciertos retos importantes, entre los que destaca la incorporación de nanopartículas metálicas en el medio orgánico (polimérico), para este fin se ha recurrido a la utilización de soportes inorgánicos porosos que presenten la cualidad de actuar como acarreadores de nanopartículas.

Las Zeolitas, son una clase de aluminosilicatos que poseen la capacidad de intercambio iónico, especialmente la sustitución catiónica [2].

### Experimental

#### **Síntesis de Zeolita@AgNP's**

El procedimiento para la síntesis de Zeolita decorada con nanopartículas de plata (Zeolite@AgNP's) se muestra en la Figura 1. Básicamente una solución acuosa de Zeolita es inmersa en una solución de iones plata bajo diferentes condiciones de agitación y tiempo



Mérida, Yucatán, 7-10 de Noviembre de 2012

(agitación mecánica y sonicación), finalmente los iones plata son reducidos a  $Ag^0$  en una solución acuosa de  $NaBH_4$ .

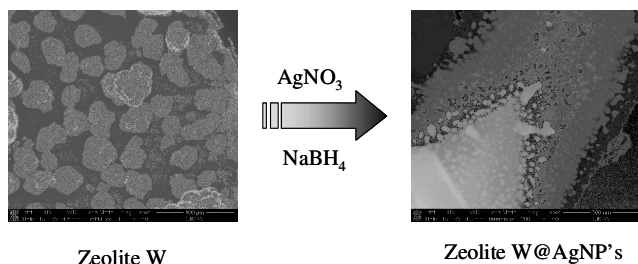


Figura 1. Síntesis de Zeolita@AgNP's por reducción química de iones plata.

### Moldeo por Extrusión e inyección: Obtención de nanocompuestos

Con la finalidad de obtener nanocompuestos base polipropileno (PP), se realizó extrusión usando un Micro-Extruder (doble husillo co-rotatorio) con 5 zonas de temperaturas (en la Figura 2 se muestra el diagrama). Los nanocompuestos obtenidos fueron moldeados por inyección para la obtención de probetas que fueron cortadas a dimensiones de  $1 \times 1 \text{ cm}^2$  para su posterior evaluación antibacterial.

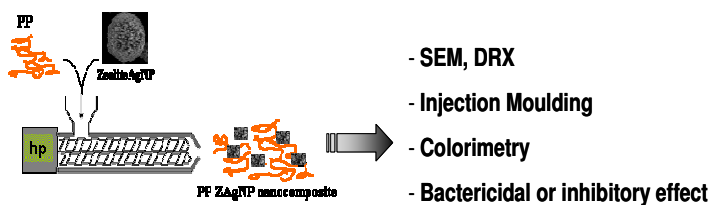


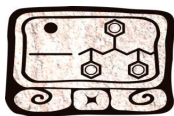
Figura 2. Obtención de nanocompuestos por extrusión e inyección (PP-Zeolita@AgNP's).

### Evaluación bactericida

La concentración mínima inhibitoria (MIC) fué determinada usando una solución acuosa de Zeolita@AgNP's a una concentración 0.005M de plata. La concentración bacteriostática fue determinada por microdiluciones basado en el método M7-A7 [3]. *S. aureus* (resistant) and *E. coli* (ATCC95922) fueron usados para esta evaluación.

Para la determinación de la actividad antibacterial de la superficie del nanocompuesto PP-Zeolita@Ag, se utilizó la norma JIS Z 2801 [4] utilizando probetas de  $1 \text{ cm}^2$  para los microorganismos ya mencionados. El porcentaje de actividad bactericida se obtuvo mediante la relación de las células viables colocadas en la muestra, realizando un conteo al tiempo  $t=0$ , con las células recuperadas después de  $t=24 \text{ hrs}$  mediante la fórmula:

$$\text{Efectividad antibacterial (\%)} = \{ \text{UFC}(t=0) - \text{UFC}(t=24) \} / \text{UFC}(t=0) * 100.$$



Mérida, Yucatán, 7-10 de Noviembre de 2012

Se utilizó una concentración de  $1.5 \times 10^5$  cells/ml en el inóculo, colocando 25 microlitros sobre la superficie de la muestra. La recuperación de los microorganismos se llevó a cabo en una solución de buffer de fosfatos realizando diluciones decimales, colocando las muestras en agar líquido a  $45^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  incubando por 24 Hrs a  $37^\circ\text{C} \pm 0.5$ .

### Resultados y Discusión

En la Figura 3 se muestran micrografías obtenidas por TEM, en donde se pueden apreciar las nanopartículas de plata soportadas en la Zeolita. Se puede observar que la síntesis de las AgNP's fué llevada a cabo satisfactoriamente, y que el tamaño de las mismas son de tamaño nanométrico. Simultáneamente se realizó análisis de EDAX y se observó una distribución homogénea de AgNP's en la matriz de zeolita.

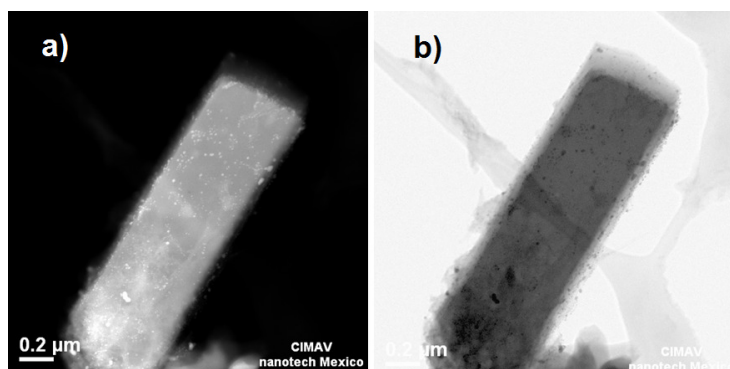


Figura 3. Micrografías de TEM de Zeolita@AgNP's: a) Campo oscuro y b) campo claro.

En la Figura 4 se muestra el patrón de difracción de Rayos X de la Zeolita virgen y la soportada con AgNP's, aún y cuando se observan sobrelapamiento de picos, es importante notar un incremento en el pico a  $38.2^\circ$  asociado al plano (111) de la cara cúbica centrada (fcc) de las nanopartículas de plata.

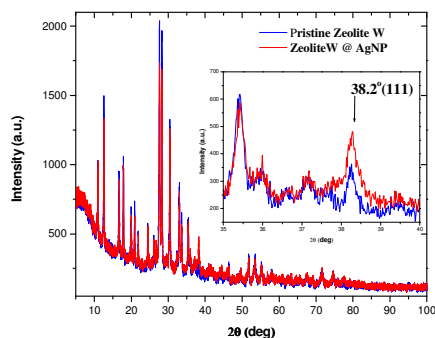
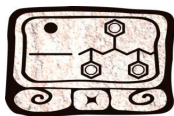


Figura 4. Patrón de XRD de Zeolita virgen y Zeolita@AgNP's.



**XXV**  
Congreso Nacional  
de la Sociedad  
Polimérica de México

Mérida, Yucatán, 7-10 de Noviembre de 2012

Resultados de caracterización UV-Vis y RAMAN, serán presentados en el Congreso.

### **Conclusiones**

Las zeolitas resultaron ser un excelente candidato para el soporte de AgNp's debido a su capacidad de intercambio iónico (principalmente por la presencia de cationes  $K^+$ ). Los nanocompositos PP/ZAgNP's preparados por extrusión y moldeo por inyección fueron moderadamente efectivos contra el crecimiento de *E.Coli* y *S.Aureus* en sus superficies.

### **Agradecimientos**

Tania Lara-Ceniceros agradece al Proyecto de Ciencia Básica No.169629 CONACyT por el soporte económico para la realización de este trabajo.

### **Referencias**

- [1]. Zapata, P.A., Tamayo, L., Paez, M., Cerda, E., Azocar, I., Rabagliati, F.M., European Polymer Journal, 2011.
- [2]. Gurin, V.S., Petranovskii, V.P., Materials Science and Engineering C, 2002, 19, 327.
- [3]. M7-A7 Vol 23 No. 2 CLSI, 2006, Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Test for Bacteria That Grow Aerobically.
- [4]. Antimicrobial products-Test for antimicrobial activity and efficacy, (2001), JIS Z 2801, 2000.



Sociedad Polimérica de México, A.C.



Centro de Investigación  
Científica de Yucatán, A.C.