



III Jornadas sobre Tecnología de Recubrimientos

Nuevas tendencias en materiales, superficies e interfaces

La Plata, 24 y 25 de abril de 2025.

RESUMEN

Recubrimientos híbridos orgánico-inorgánicos cargados con nanopartículas de plata: nueva estrategia de síntesis, caracterización y desempeño para aplicaciones antimicrobianas

M. Carmona^(a), V. Volcanes^(a), R. Procaccini^(a), I. Redersdorff^(b), K. Herrera^(b), L. Yohai^(a), S. Pellice^{(a)*}

^(a)*Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA, CONICET-UNMDP), Argentina.*

^(b)*Grupo de Biología de Procariotas y Gametas (IIB, CONICET-UNMDP), Argentina.*

*Autor de correspondencia: spellice@fi.mdp.edu.ar

Los materiales híbridos orgánico-inorgánicos han avanzado significativamente, permitiendo aplicaciones específicas en bioingeniería, medioambiente, farmacéutica y energía. La química sol-gel es una vía versátil para su síntesis, posibilitando innovaciones tecnológicas mediante el control de propiedades mecánicas, difusivas e higroscópicas. Además, permite la incorporación de aditivos como dopantes iónicos, fármacos o nanopartículas, ampliando su potencial para abordar problemáticas sanitarias y ambientales (Innocenzi, 2023).

En este trabajo se desarrollaron recubrimientos híbridos orgánico-inorgánicos con propiedades antimicrobianas mediante la incorporación de plata en una matriz de sílice mesoporosa (Zienkiewicz-Strzałka et al., 2013). Las nanopartículas mesoporosas de tipo MCM-41 se obtuvieron mediante síntesis sol-gel, utilizando tetraetoxisilano (TEOS) como precursor de sílice y bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB) como agente estructurante. La superficie de las nanopartículas se funcionalizó con grupos amino para facilitar la incorporación de iones plata. Luego, la plata iónica se redujo *in situ* a partir del tratamiento térmico a 500°C, formando nanopartículas de plata metálica (MCM-Ag).

En paralelo, se sintetizó un sol híbrido (sol TM) mediante la condensación hidrolítica de TEOS y metil-trietoxisilano (MTES). A este sol, se le incorporaron nanopartículas MCM-Ag (sol TM/MCM-Ag). Con fines comparativos, también se preparó un sol TM de igual composición, pero cargado con nanopartículas de sílice mesoporosa sin plata (sol TM/MCM). Las soluciones híbridas



orgánico-inorgánicas nanocompuestas mostraron estabilidad bajo condiciones de almacenamiento estándar, incluyendo refrigeración y protección contra radiación UV.

Se obtuvieron recubrimientos a partir del Sol TM, del Sol TM/MCM y sol TM/MCM-Ag sobre sustratos de vidrio previamente lavados y secados. Los recubrimientos se depositaron mediante la técnica de *dip-coating* a temperatura ambiente, controlando todos los parámetros del proceso, tales como velocidad de inmersión, tiempo de permanencia en inmersión y velocidad de extracción. Los recubrimientos obtenidos se sometieron a un proceso de secado a temperatura ambiente, seguido de un proceso de consolidación térmica a 120 °C y 450°C durante 30 minutos. Se observó una buena compatibilidad fisicoquímica entre las MCM-Ag y el sol TM, lo que permitió obtener recubrimientos íntegros, compactos y estables, con nanopartículas distribuidas homogéneamente en su estructura.

Los materiales desarrollados fueron caracterizados mediante difracción de rayos X (XRD), espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR), microscopía electrónica de transmisión (TEM) y termogravimetría (TGA). Además, se midió el ángulo de contacto en cada recubrimiento.

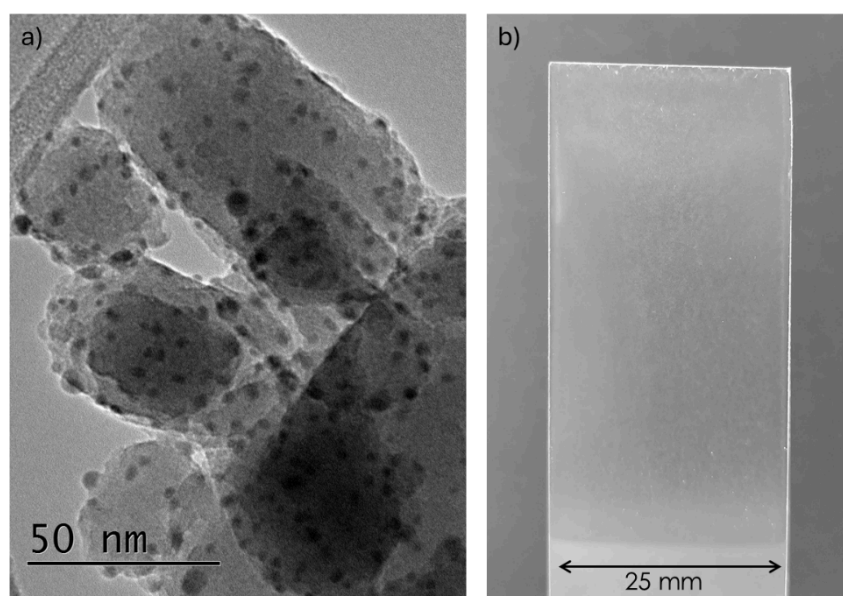


Figura 1. a) Micrografía TEM (50000X) de las MCM-Ag y b) fotografía del recubrimiento obtenido con el sol TM/MCM-Ag. Ancho del sustrato de vidrio: 25 mm.

Para evaluar la capacidad biocida, se realizaron ensayos de difusión en agar con cultivos de *E. coli* (cepa K12 RP437), modelo de referencia para analizar la migración y eficacia de los iones de plata liberados por los recubrimientos. Se encontró que la temperatura de consolidación térmica de los recubrimientos TM/MCM-Ag influye directamente en su desempeño antibacteriano. A 450 °C, los halos de inhibición bacteriana presentaron un mayor tamaño, lo que sugiere una mayor capacidad biocida. Estos resultados indican que la temperatura de consolidación podría desempeñar un papel

clave en la efectividad antibacteriana de los recubrimientos, posiblemente relacionada con diferencias en el carácter hidrofílico de los recubrimientos obtenidos a diferentes temperaturas.

Palabras clave: Sol-gel, recubrimientos nanocompuestos, nanopartículas mesoporosas, plata, biocida.

Modalidad: PÓSTER

Referencias

Innocenzi , P. (2023). Sol-gel processing for advanced ceramics, a perspective. *Open Ceramics*, 6(100477). <https://doi.org/10.1016/j.oceram.2023.100477>

Zienkiewicz-Strzałka, M., Pasieczna-Patkowska, S., Kozak, M. y Pikus, S. (2013). Silver nanoparticles incorporated onto ordered mesoporous silica from Tollen's reagent. *Applied Surface Science*, 266, 337–343. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2012.12.021>