

### III Jornadas sobre Tecnología de Recubrimientos

Nuevas tendencias en materiales, superficies e interfaces

La Plata, 24 y 25 de abril de 2025.

## RESUMEN

### Magnetita funcionalizada superficialmente con extracto de *Spirulina platensis* con propiedades antioxidantes y antimicrobianas

M. D'Orso<sup>(a)\*</sup>, C. Meiorin<sup>(a)</sup>, D. Tobia<sup>(b)</sup>, J. F. Martucci<sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA), CONICET-Facultad de Ingeniería-UNMdP, Argentina.

<sup>(b)</sup>Laboratorio de Resonancias Magnéticas, Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, Argentina

\*Autor de correspondencia: martinadorso@gmail.com

Las nanopartículas de magnetita se utilizan en diversas aplicaciones debido a sus propiedades, tales como alta magnetización, biocompatibilidad, durabilidad, baja toxicidad y bajo costo. La funcionalización con agentes específicos amplía sus posibilidades de uso. Las espirulinas son cianobacterias verde-azuladas ricas en pigmentos (carotenoides, clorofila), proteínas (ficobiliproteínas) y ácidos grasos poliinsaturados (Cuellar-Bermudez, 2015). Entre ellas, *Spirulina platensis* produce ficocianina C y aloficocianina, pigmentos ficobilínicos usados como colorantes alimentarios y trazadores en citometría e inmunología, gracias a su estabilidad y alto rendimiento cuántico. Además, ambas proteínas presentan propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Comas et al., 2023).

La funcionalización de nanopartículas de magnetita con un extracto proteico de *S. platensis* permitiría desarrollar aditivos nanométricos de gran área superficial aplicables en el desarrollo de recubrimientos antimicrobianos biocompatibles. El presente trabajo propone sintetizar y caracterizar nanopartículas de magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4/\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) recubiertas con extracto proteico de *S. platensis* (SP).

Las nanopartículas control (MNP) y modificadas (MNP-SP) se sintetizaron por el método de coprecipitación química (Meiorin, 2024) y se caracterizaron por difracción de rayos X (DRX), magnetometría de muestras vibrante (VSM), microscopía electrónica de transmisión y barrido (TEM/SEM), análisis termogravimétrico (TGA) y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). La actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli* se determinó por la técnica halo



de inhibición en hoyos, a partir de una suspensión de 40 mg de las nanopartículas en 1 mL de agua destilada (Nehra et al., 2018).

Se sintetizaron distintos sistemas modificando la concentración de SP: MNP (0%*m/V*) (control), MNP-SPI (2.5%*m/V*), MNP-SPII (7%*m/V*) y MNP-SPIII (10.5%*m/V*); con un contenido de SP incorporado de 6.1, 13.5 y 13.8%, respectivamente, determinados por TGA.

El análisis por FTIR permitió corroborar la funcionalización de MNP por la existencia de grupos funcionales de SP en la superficie de las MNPs. La presencia de magnetita se confirma por la vibración del enlace Fe-O a 595  $\text{cm}^{-1}$  y la de SP por las bandas a 1300-1000  $\text{cm}^{-1}$  asociadas a la presencia de fitoquímicos y a 1850  $\text{cm}^{-1}$  debida a la flexión N-H de amidas.

Por DRX, se confirmó la formación de nanopartículas de magnetita, tanto en MNP control como en los sistemas funcionalizados, mediante la presencia de seis picos característicos de la fase estándar  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Nehra et al., 2018). A partir de los análisis de TEM, se obtuvieron los tamaños promedio de las partículas magnéticas siendo de 10.2, 10.0, 7.5 y 7.3 nm para MNP, MNP-SPI, MNP-SPII y MNP-SPIII, respectivamente. Las MNP control y modificadas exhiben un comportamiento superparamagnético típico con una magnetización de saturación ( $M_s$ ) de 61, 62, 55 y 57 emu/g para MNP, MNP-SPI, MNP-SPII y MNP-SPIII, respectivamente, a 300 K. Estos valores de magnetización son suficientes para permitir una separación magnética del nanomaterial en caso de requerirse. El aumento de  $M_s$  está asociado al aumento del tamaño medio de las nanopartículas de magnetita (Liu et al., 2002), lo que confirma los resultados obtenidos por DRX y TEM.

La capacidad antimicrobiana de las MNP-SP obtenidas frente a *E. coli* se muestra en la Figura 1. Las MNP control poseen cierta capacidad antimicrobiana que se ve incrementada con el contenido de SP incorporado al sistema. Varios autores han investigado el mecanismo detrás de la actividad antimicrobiana de las nanopartículas de óxido de hierro. Los resultados son controversiales, en algunos casos se demostró que las MNP tienen actividad antibacteriana dosis dependiente contra *E. coli* (Nehra et al., 2018), mientras que otros demostraron que las MNP no tienen propiedades antibacterianas (Chatterjee et al., 2011). Los valores de halo de inhibición obtenidos para MNP-SP-II son similares a los informados por otros autores en nanopartículas de magnetita recubiertas con quitosano (Nehra et al., 2018).

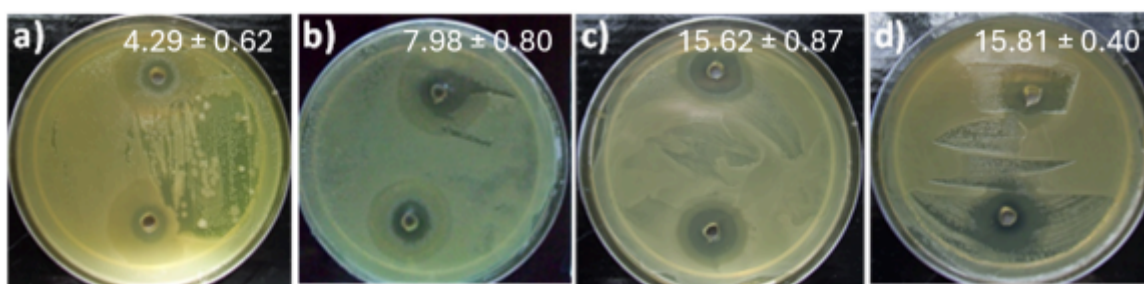


Figura 1. Halos de inhibición en mm frente a *E.coli* de a) MNP control b) MNP-SP-I c) MNP-SP-II d) MNP-SP-III (40 mg de nanopartículas).

**Palabras clave:** magnetita, ficobiliproteínas, funcionalización, antimicrobianos.

**Modalidad:** PÓSTER

### Referencias

- Chatterjee, S., Bandyopadhyay, A. y Sarkar, K. (2011). Effect of iron oxide and gold nanoparticles on bacterial growth leading towards biological application. *Journal of Nanobiotechnology*, 9(34), 1–7. <https://doi.org/10.1186/1477-3155-9-34>
- Comas, M. B., Sanchez Rizza, L., Ruseckaite, R. A. y Martucci, J. F. (2023). Schiff base crosslinked gelatin-*S.platensis* protein concentrate films with enhanced antioxidant activity. *Journal of Food Science*, 88(3), 1075-1088. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16464>
- Cuellar-Bermudez, S. P., Aguilar-Hernandez, I., Cardenas-Chavez, D. L., Ornelas-Soto, N., Romero-Ogawa, M. A. y Parra-Saldivar R. (2015). Extraction and purification of high-value metabolites from microalgae: essential lipids, astaxanthin and phycobiliproteins. *Microbial Biotechnology*, 8(2), 190-209. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12167>
- Liu, Z. L., Liu, Y .J., Yao, K. L., Ding, Z. H., Tao, J. y Wang, X. (2002). Synthesis and Magnetic Properties of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles. *Journal of Materials Synthesis and Processing*, 10, 83–87. <https://doi.org/10.1023/A:1021231527095>
- Meiorin, C., Muraca, D., Pirota, K. R., Aranguren, M. I. y Mosiewicki, M. A. (2014). *European Polymer Journal*, 53, 90-99. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2014.01.018>
- Nehra, P., Chauhan, R. P. y Verma, K. (2018). Antibacterial and antifungal activity of chitosan coated iron oxide nanoparticles. *British Journal of Biomedical Science*, 75(1), 13-18. <https://doi.org/10.1080/09674845.2017.1347362>