

Nanofertilizantes: Impacto de nanopartículas de magnetita en la actividad fotosintética de plantas



Rocio Torres^{1,2}, Virginia E. Diz¹ and M. Gabriela Lagorio^{1,2}

[1] DQIAyQF, FCEyN, Universidad de Buenos Aires. [2] INQUIMAE-CONICET.

Introducción

La medición de la fluorescencia de clorofila es un método no destructivo de monitoreo vegetal que aporta información sobre la fotosíntesis y el estado fisiológico de las plantas.[1] El creciente empleo de sistemas nanoparticulados a nivel industrial vuelve relevante su potencial acción en sistemas naturales.[2] En este trabajo se evaluó el efecto de nanopartículas de magnetita (NP-Fe₃O₄) en hojas, mediante el estudio de sus propiedades ópticas y fotoquímicas.

Metodología

La síntesis de NP-Fe₃O₄ se resume en la Fig. 1 y sigue el protocolo de Sun *et al.*[3]. Sales de Fe(III) y Fe(II) se disuelven en agua destilada. Bajo agitación y temperatura constante se agrega lentamente una solución de NH₄OH 25%. Luego de 30 min, el sólido negro se lava repetidamente y se seca en estufa a baja temperatura. Las NPs fueron caracterizadas por SEM, TEM, DRX, Z potencial, FTIR y VSM.

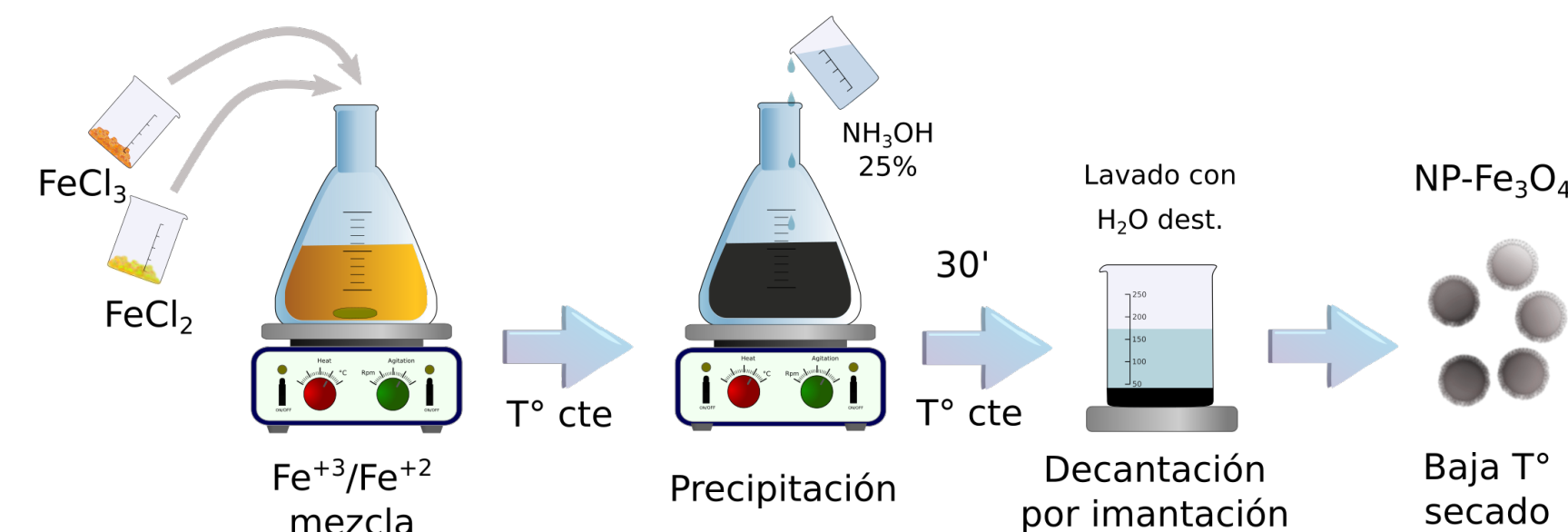


Figura 1: Esquema general de síntesis de NP-Fe₃O₄.

Las hojas se rociaron con suspensiones de 0, 10, 100 y 1000 ppm de NP-Fe₃O₄, siendo la primera un control con agua destilada. Posteriormente, se registraron los espectros de fluorescencia, reflectancia y fluorescencia variable de la clorofila (OJIP transitoria y cinética de Kautsky)[4] durante 5-7 días, obteniéndose así varios parámetros fotosintéticos y de salud vegetal interesantes.

Microscopía electrónica

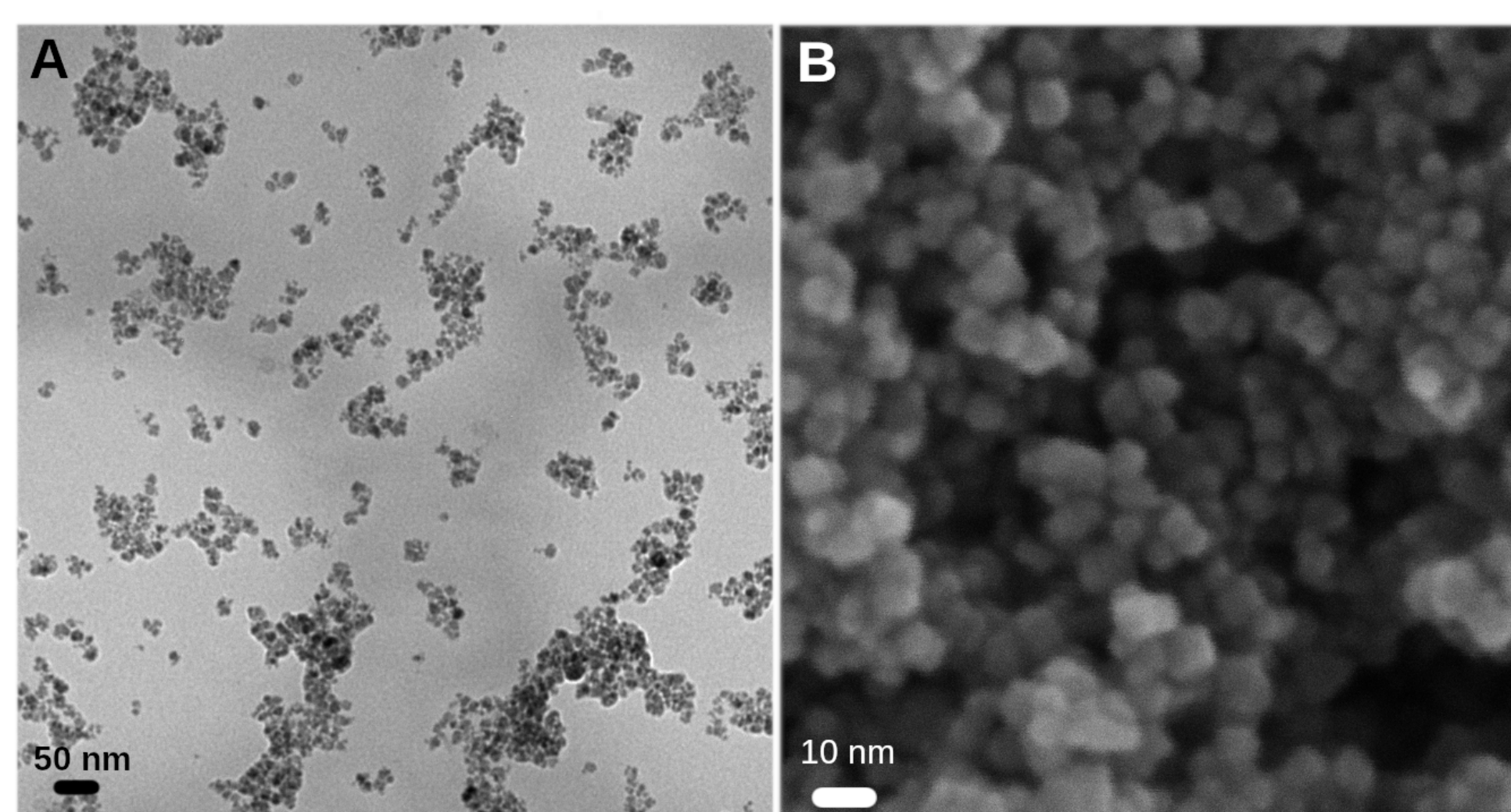


Figura 2: Imágenes de TEM (A) y SEM (B) de las NPs.

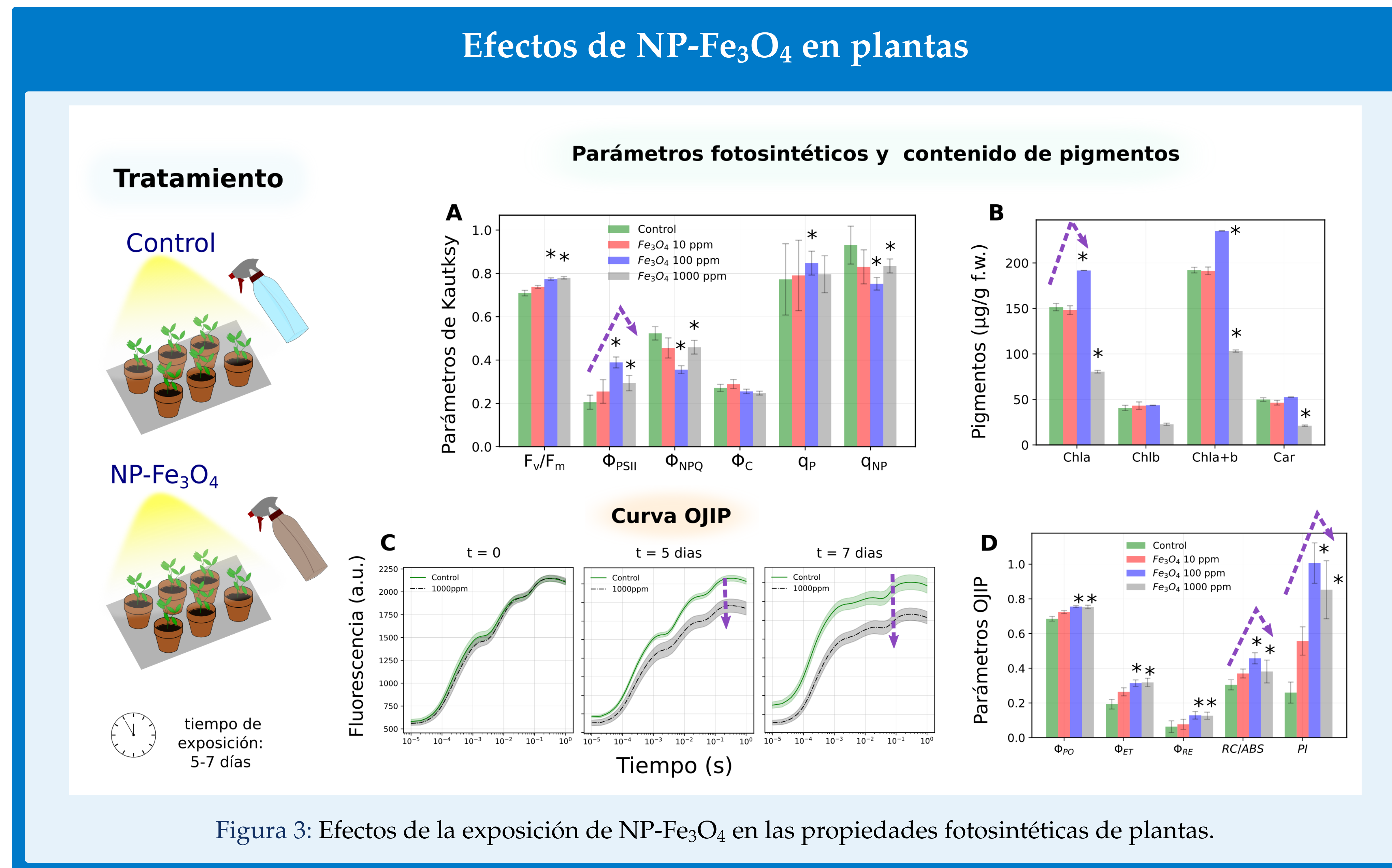


Figura 3: Efectos de la exposición de NP-Fe₃O₄ en las propiedades fotosintéticas de plantas.

Caracterización

Se obtuvieron NPs superparamagnéticas de 12 ± 2 nm de diámetro y magnetización de saturación de 68.1 emu/g que en conjunto con los parámetros de red obtenidos por DRX (a₃₁₁ = 8.36 Å y D = 9.93 nm, Fig.4) nos indican alta pureza (~ 98%), cristalinidad y orden magnético con una estructura cristalina compatible con una espinela inversa cúbica característica de Fe₃O₄. La ausencia de compuestos orgánicos y contaminantes se evidenció además por FTIR. Los picos de difracción amplios reflejan la naturaleza nanocrystalina de las partículas.

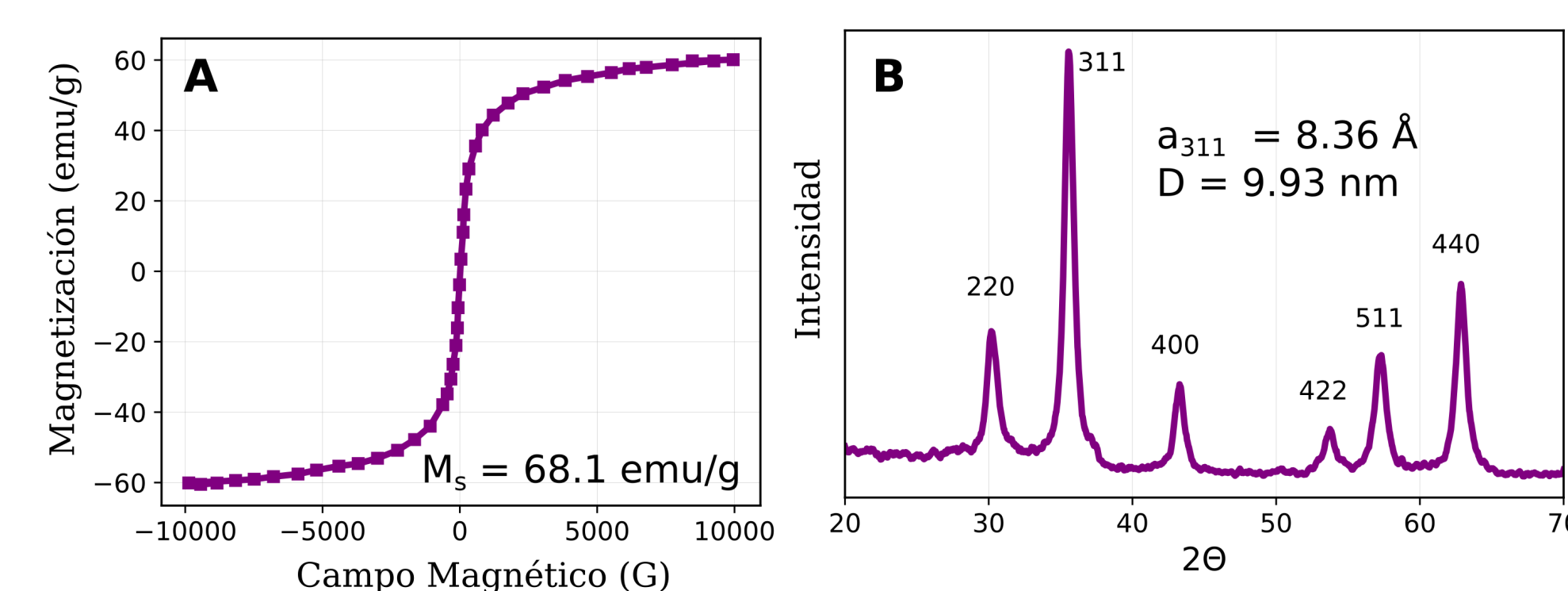


Figura 4: Curva VSM (A) y patrón de DRX (B) de las NPs.

Resultados

La fluorescencia disminuyó al 47% en hojas tratadas con 1000 ppm de NP-Fe₃O₄, sin cambios en la distribución espectral. Mediante índices espectrales y extracción de pigmentos se determinó un incremento de la clorofila total hasta 100 ppm de NP que luego disminuye abruptamente a 1000 ppm de NP. Varios rendimientos cuánticos asociados con la tasa de transporte de electrones fotosintéticos mejoraron después del tratamiento. A 1000 ppm de NP, el rendimiento cuántico máximo aumentó un 35% y el rendimiento cuántico no fotoquímico disminuyó un 38%. Se observó una disminución significativa de la fracción de luz absorbida por RC-PSII en presencia de NP consistente con la disminución en la fluorescencia.

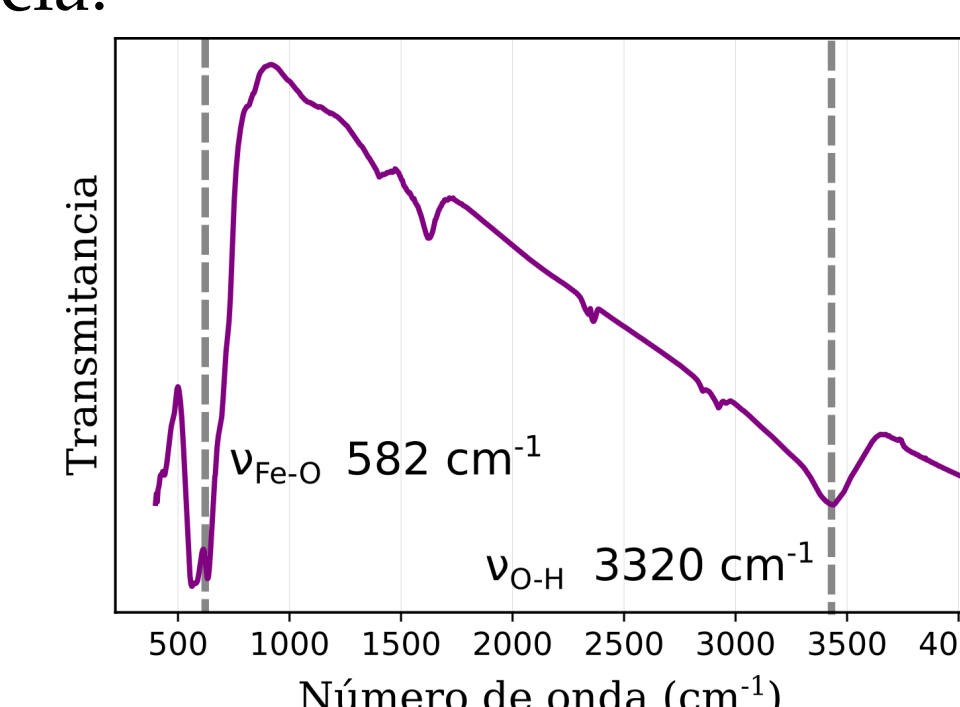


Figura 5: Espectro FTIR de NP-Fe₃O₄.

Discusión

Se observó un aumento de diversos parámetros relacionados a la capacidad fotosintética total y de cada etapa del transporte electrónico (parámetros OJIP) y un aumento de la concentración de clorofilas hasta 100 ppm. A partir de esta concentración, la tendencia de la mayoría de los parámetros se quiebra y a 1000 ppm de NP-Fe₃O₄ estos mismo indicadores se deterioran. Asimismo, se observó un incremento significativo de la cantidad de RC activos por antena del PSII (ABS/RC) en presencia de las NPs. Un aumento de este parámetro en conjunto con un incremento en la concentración de clorofila (proporcional a ABS), refleja un incremento aún mayor en la cantidad de RC-PSII activos en presencia de NP.

Bajo iluminación continua, los parámetros de la cinética de Kautsky mejoraron en presencia de nanopartículas observándose mayor rendimiento cuántico fotosintético (Φ_{PSII}) y menor disipación térmica (Φ_{NPQ}) en las hojas tratadas con NP-Fe₃O₄. La variación de estos parámetros nos indica que por cada fotón absorbido, el rendimiento de la conversión fotoquímica es más eficiente y menos energía se pierde como calor, respecto al control. La mejora de diversos parámetros relacionados a la salud vegetal y actividad fotosintética en hojas tratadas con hasta 100 ppm de NP-Fe₃O₄ hacen posible una potencial aplicación de estas NPs como fertilizantes, como otros autores ya han sugerido [5].

Referencias

- (1) Maxwell, K. y Johnson, G. N. *J Exp Bot* **2000**, *51*, 659-668, DOI: <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>.
- (2) Rastogi, A. y col. *Front Chem* **2017**, *5*, 78, DOI: <https://doi.org/10.3389/fchem.2017.00078>.
- (3) Sun, S. y Zeng, H. *J Am Chem Soc* **2002**, *124*, 8204-8205, DOI: <https://doi.org/10.1021/ja026501x>.
- (4) Kalaji, H. M. y col. *Photosynth res* **2014**, *122*, 121-158, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11120-016-0318-y>.
- (5) Jalali, M. y col. *J Agron Crop Sci* **2017**, *203*, 593-602, DOI: doi.org/10.1111/jac.12208.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias al financiamiento de la Universidad de Buenos Aires (UBACyT 20020130100166BA y PDE-41-2019) y de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2012-2357). La Lic. Rocio Torres posee una beca doctoral financiada por el CONICET.

Contacto

- Dr. Gabriela Lagorio: mgl@qi.fcen.uba.ar
- Lic. Rocio Torres: rtorres@qi.fcen.uba.ar