

# Propiedades de nanopartículas monodispersas esféricas de ferrita de hierro ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )

V. Nassekina, J. Guijarro, S. A. Gómez-Lopera\*

Dep. de Física Aplicada. Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT)

Campus Alfonso XIII, 30203 Cartagena (Spain)

\*Teléfono: +34 968 32 55 99 Fax: +34 968 32 53 37

\*E-mail: salvador.glopera@upct.es

**Resumen.** En este trabajo presentamos algunos resultados acerca de las propiedades más destacables de nanopartículas monodispersas esféricas de la conocida ferrita de hierro  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Estos sistemas son unos de los más aplaudidos candidatos futuros para su empleo como sistemas de liberación controlada de fármacos en las terapias de los tumores sólidos.

## 1 Introducción

Las múltiples aplicaciones industriales y biomédicas -entre otras- de las nanopartículas de magnetita, residen en las propiedades de las mismas, a saber, ópticas, acústicas, estabilidad en suspensión, magnéticas, electrocinéticas, reológicas... Por ello, un estudio detallado de las mismas es absolutamente imprescindible de cara a su diseño. En este trabajo presentamos algunas de las principales propiedades de nanopartículas monodispersas esféricas de magnetita con diámetro modal del orden de los 40 nm.

## 2 Método experimental

### 2.1 Materiales

Todos los reactivos químicos utilizados fueron de calidad analítica de la casa Panreac (Spain). El agua utilizada fue de calidad Milli-Q (Milli Academic, Millipore, France).

### 2.2 Síntesis de las nanopartículas de magnetita

Las nanopartículas se obtuvieron siguiendo el procedimiento de síntesis sol-gel descrito por Luna [1] y Gómez-Lopera [2].

### 2.3 Propiedades de las nanopartículas

#### A. Geometría: forma y tamaño

La caracterización geométrica de las partículas obtenidas se realizó utilizando microfotografías realizadas con un microscopio electrónico de

transmisión -TEM- (JEM-2100/HR, Jeol Ltd., Japón).

#### B. Caracterización química de volumen. Difracción de rayos-X

Los experimentos se llevaron a cabo en un difractómetro de rayos-X para muestra en polvo (Advance D8 Bruker AXS, Alemania) usando el método de Debye-Scherrer, con una longitud de onda de 1.5405 Å (línea Cu-K $\alpha$ ).

#### C. Comportamiento magnético

Se utilizó un campo magnético externo generado por imanes permanentes.

## 3 Resultados y discusión

### 3.1 Geometría: forma y tamaño

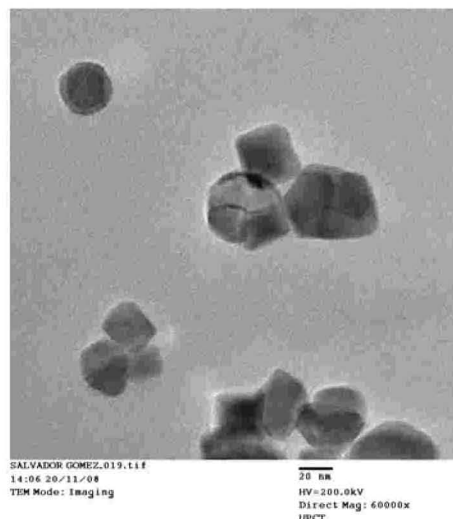


Fig. 1 Microfotografía de transmisión de las nanopartículas de magnetita.

La Figura 1 muestra una microfotografía obtenida en el TEM. Se puede observar claramente que la forma de las nanopartículas obtenidas es pseudoesférica.

Por otro lado, el diámetro de todas las partículas es inferior a 50 nm. El tamaño medio del coloide, representado por el diámetro modal de las partículas, es de  $38 \pm 11$  nm, que fue obtenido mediante un ajuste de la distribución normal logarítmica a los datos del histograma de tamaños [3]. Además, las nanopartículas son suficientemente monodispersas.

### 3.2 Caracterización química de volumen. Difracción de rayos-X

En la Figura 2 se presenta un difractograma de rayos-X de las nanopartículas. Nótese la perfecta coincidencia de las líneas patrón ICSD superpuestas con los máximos determinados experimentalmente, hecho que confirma la estructura química de la magnetita.

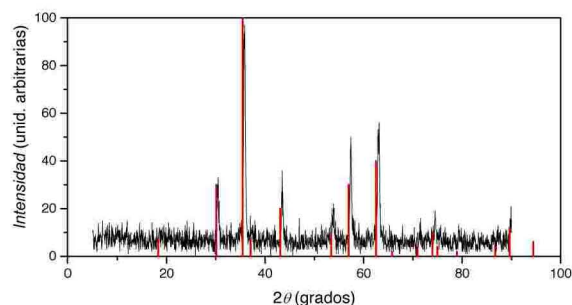


Fig. 2 Difractograma de rayos-X de la muestra de magnetita en polvo, con las líneas patrón ICSD superpuestas (líneas rojas).

### 3.2 Comportamiento magnético



Fig. 3 Fotografía de las nanopartículas de magnetita sometidas a la acción de un campo magnético. Las nanopartículas se agrupan formando cadenas que tienden a seguir la trayectoria definida por las líneas de campo.

Se ha comprobado el carácter magnético del sistema observando su comportamiento macroscópico al interactuar con un campo magnético externo, tal y como se muestra en la Figura 3. En ella se puede apreciar claramente cómo, al someter la muestra de ferrita de hierro en polvo a la acción del campo magnético generado por un imán permanente, las nanopartículas se agrupan formando cadenas que tienden a seguir las trayectorias definidas por las líneas de campo.

## 4 Conclusiones

Se ha sintetizado nanopartículas de ferrita de hierro ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) con un diámetro modal de  $38 \pm 11$  nm. El coloide es suficientemente monodisperso. Se ha comprobado que se trata de magnetita mediante un análisis de su estructura cristalina. La comparación del difractograma de la muestra en polvo con las líneas patrón ICSD, refleja una perfecta coincidencia. Finalmente, se ha verificado su carácter magnético al observar la respuesta frente a la acción de campos magnéticos externos.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado dentro de los proyectos MAT2005-07746-CO2-01 y CGL2007-66861-C04-04/HID, MEC (Spain).

## Referencias

- [1] Luna, E. (2009), Síntesis de nanopartículas monodispersas de magnetita. Caracterizaciones física (morfología y tamaño), química de volumen y termodinámica superficial, PFC, UPCT.
- [2] Gómez-Lopera, S.A., Plaza, R.C., Delgado, A. V., "Synthesis and Characterization of Spherical Magnetite/Biodegradable Polymer Composite Particles", *Journal of Colloid and Interface Science*, pp. 40-47, vol. **240**. ISSN: 0021-9797 (2001).
- [3] Delgado, A., Matijević, E., "Particle Size Distribution of Inorganic Colloidal Dispersions: a Comparison of Different Techniques", *Particle & Particle Systems Characterization*, pp. 128-135, vol. **8**. ISSN: 0934-0866 (1991).