



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Más allá de la esfera: síntesis y caracterización de nanopartículas magnéticas anisotrópicas para el desarrollo de materiales inteligentes

Descripción general (resumen y metodología):

Resumen:

Los hidrogeles son materiales compuestos por una red tridimensional de cadenas poliméricas entrecruzadas hinchadas en un medio acuoso. Aquellos sensibles a estímulos externos pueden experimentar cambios ante variaciones ambientales como el pH, la luz o el campo magnético, y algunos son capaces de modificar sus dimensiones y forma, transformando la energía externa en movimiento mecánico y actuando así como “robots blandos”. Entre los estímulos más atractivos se encuentran los campos magnéticos, debido a su facilidad de uso, rápida respuesta y capacidad de penetrar de forma segura en entornos biológicos [6, 7]. Para que un hidrogel responda a estímulos magnéticos es necesario incorporar partículas magnéticas a la red polimérica, dando lugar a los llamados ferrogeles [9]. La mayor parte de los estudios existentes emplea nanopartículas de geometría esférica; sin embargo, la introducción de partículas anisotrópicas (nanocubos o nanobarras) abre la posibilidad de explotar su geometría para obtener una respuesta magnética, térmica y óptica superior [1, 2, 8], así como de inducir durante la gelificación estructuras internas orientadas que modifiquen direccionalmente las propiedades mecánicas del material resultante [6, 7].

El trabajo fin de grado aborda la síntesis de nanopartículas de magnetita (Fe_3O_4) con geometrías anisotrópicas (como podrían ser nanocubos, nanobarras u otras geometrías) y su integración en matrices poliméricas para desarrollar ferrogeles con respuesta mecánica y térmica modulable. A diferencia de las partículas esféricas, las partículas anisotrópicas presentan bordes y esquinas que actúan como concentradores de campo, lo que se traduce en una mayor eficiencia de calentamiento por hipertermia magnética [1] y en una respuesta óptica diferenciada en función de la morfología [2]. Las nanobarras de magnetita han demostrado, además, capacidad para actuar como agentes de calentamiento fototérmico [3].

Metodología y Fases de Desarrollo:

El trabajo se estructura en cuatro fases. En primer lugar, se realizará una revisión bibliográfica sobre hidrogeles magnéticos, nanopartículas de óxido de hierro con geometría no esférica y sus propiedades magnéticas, ópticas y térmicas, con el fin de contextualizar el trabajo y establecer los parámetros de síntesis de partida. En segundo lugar, se llevarán a cabo la síntesis y el control morfológico de nanopartículas de magnetita anisotrópicas mediante rutas de química húmeda, explorando geometrías cúbicas y, como alternativa, morfologías alargadas [4, 5]. En tercer lugar, las partículas obtenidas serán caracterizadas estructural, magnética y ópticamente, con el objetivo de establecer relaciones entre la geometría de la partícula y su respuesta bajo estímulos externos [1, 2, 3]. Finalmente, las partículas se incorporarán en matrices poliméricas para fabricar un ferrogel magnético. Durante la gelificación se aplicará un campo magnético externo para inducir el alineamiento de las partículas, y la respuesta mecánica del material resultante se caracterizará y comparará en función del grado de orientación alcanzado [6, 7].

Tipología: Trabajos experimentales, de toma de datos de campo o de laboratorio.

Objetivos planteados:

- **OE#1 Síntesis y control morfológico:** Obtener nanopartículas de magnetita con geometrías no esféricas (nanocubos, nanobarras u otras).
- **OE#2 Caracterización estructural y cristalografía:** Validar mediante SEM/TEM y XRD la pureza de fase, el tamaño y el grado de anisotropía de las partículas sintetizadas.
- **OE#3 Caracterización magnética y eficiencia de calentamiento:** Obtener las curvas de magnetización y cuantificar la eficiencia de calentamiento en experimentos de hipertermia magnética, con exploración de la respuesta fototérmica bajo irradiación láser.
- **OE#4 Desarrollo de ferrogel con arquitectura programada:** Fabricar ferrogels con las partículas sintetizadas. Se intentará conseguir su alineamiento mediante la aplicación de un campo magnético externo durante la gelificación.
- **OE#5 Caracterización reológica del ferrogel:** Caracterizar las propiedades mecánicas del ferrogel en función del alineamiento de las partículas y comparar la respuesta mecánica con un control de partículas sin orientar.

Bibliografía básica:

- [1] Astefanoaei, I., et al. (2023). Cubic and Sphere Magnetic Nanoparticles for Magnetic Hyperthermia Therapy: Computational and Experimental Results.
- [2] González, A. L. & Noguez, C. (2007). Influence of Morphology on the Optical Properties of Metal Nanoparticles.
- [3] Shaterabadi, Z., Delgado, Á., Iglesias, G. R. (2024). Solvothermally synthesized magnetite nanorods for application in magnetic hyperthermia and photothermia. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 596, 171990.
- [4] Iacovita, C., et al. (2015). Polyethylene Glycol-Mediated Synthesis of Cubic Iron Oxide Nanoparticles with High Heating Power. Nanoscale Research Letters, 10, 391.
- [5] Bona, G., et al. (2024). Polyethylene glycol-assisted hydro-solvothermal growth of anisotropic magnetic iron oxides. Ceramics International.
- [6] Lopez-Lopez, M. T., et al. (2015). Generation and Characterization of Novel Magnetic Field-Responsive Biomaterials.
- [7] Lopez-Lopez, M. T., et al. (2017). To the theory of shear elastic properties of magnetic gels.
- [8] Pyanzina, E. S., et al. (2017). Cluster analysis in systems of magnetic spheres and cubes.
- [9] Ruiz-Fresneda, M. A., et al. (2024). Clay-polymer hybrid hydrogels in the vanguard of technological innovations.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: MODESTO TORCUATO LÓPEZ LÓPEZ

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA APLICADA

Correo electrónico: modesto@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos: ANTONIO LUIS MEDINA CASTILLO

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA APLICADA

Correo electrónico: antonioluismedina@ugr.es

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos:

Correo electrónico: