



## **1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:**

**Título:** Hidrogeles magnéticos basados en biopolímeros y compartimentos magnéticos

**Descripción general** (resumen y metodología):

### **Resumen:**

Los hidrogeles son materiales blandos compuestos por redes poliméricas tridimensionales capaces de retener grandes volúmenes de agua. Un polímero interesante para la preparación de hidrogeles es la agarosa, que permite preparar hidrogeles que experimentan una transición de disolución (sol) a gel al disminuir la temperatura. Otro polímero interesante es el alginato, en cuyo caso la transición sol-gel se produce mediante la reticulación física, mediada por cationes de calcio, de las fibras poliméricas de aniones de alginato disueltos en agua. Además, es posible dotar a los hidrogeles de propiedades típicas de materiales no poliméricos, como por ejemplo carácter ferromagnético mediante la inclusión de partículas magnéticas en la red polimérica, dando lugar a hidrogeles magnéticos. En particular, los hidrogeles magnéticos elaborados a partir de biopolímeros naturales destacan como materiales inteligentes prometedores, que pueden combinar biocompatibilidad, flexibilidad y capacidad de responder a campos magnéticos. Además, el uso de biopolímeros naturales es conveniente de cara a la encapsulación de microorganismos (p.ej. bacterias) lo que abriría la puerta a aplicaciones como la biorremediación. Una de las ventajas de usar hidrogeles magnéticos radica en la posibilidad de recuperarlos del material contaminado (agua, etc.) mediante separación magnética. En este contexto, este Trabajo de Fin de Grado (TFG) se centrará en la preparación y caracterización física de hidrogeles magnéticos, basados en la combinación de redes poliméricas y compartimentos magnéticos de tamaño milimétrico.

### **Metodología:**

Para la consecución de los objetivos de esta propuesta, seguiremos la siguiente metodología:

1. Revisión bibliografía reciente sobre hidrogeles basados en agarosa e hidrogeles basados en alginato, así como de hidrogeles poliméricos destinados a la encapsulación de microorganismos. Se usarán buscadores bibliográficos, por ejemplo Google Académico, Scopus, y/o Web of Science.
2. Preparación de compartimentos magnéticos consistentes en esferas milimétricas de hidrogel de alginato que contengan partículas magnéticas. Para ello se usarán partículas magnéticas comerciales, que se dispersarán en disoluciones acuosas de alginato de sodio. Se gotearán pequeños volúmenes de esta suspensión en una disolución de cloruro de calcio, lo que provocará la formación de compartimentos magnéticos de tamaño milimétrico y forma aproximadamente esférica.
3. Preparación de hidrogeles magnéticos de agarosa que incorporan compartimentos magnéticos preparados según el punto anterior. Para ello se dispersarán dichos compartimentos en una disolución acuosa de agarosa a temperatura superior a la de transición gel-sol. Posteriormente se enfriará hasta lograr la transición a gel, logrando los hidrogeles magnéticos con compartimentos de alginato embebidos en la red de agarosa.
4. Caracterización de las propiedades mecánicas de los hidrogeles bajo esfuerzos uniaxiales usando los reómetros disponibles en los laboratorios del Departamento de Física Aplicada.
5. Caracterización de la microestructura de los hidrogeles mediante técnicas como la microscopía óptica, la microscopía de fluorescencia y la microscopía electrónica.

6. OPCIONAL: en caso de disponer de tiempo suficiente podrían explorarse aplicaciones como las comentadas en el objetivo 5. Para determinar si el microorganismo en cuestión se ha encapsulado, se tomará fotografías usando un microscopio óptico y/o de fluorescencia. El crecimiento y proliferación de este se podría evaluar usando técnicas de recuento.

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

**Objetivos planteados:**

**Objetivos planteados:**

El objetivo principal de esta propuesta de Trabajo de Fin de Grado (TFG) es la preparación y caracterización física de hidrogeles magnéticos basados en la combinación de redes poliméricas y compartimentos (de tamaño milimétrico) magnéticos. Eventualmente también podría explorarse la encapsulación en el hidrogel de un microorganismo que pudiese usar para su crecimiento algún nutriente contenido en los compartimentos magnéticos. El interés en usar estos compartimentos radica en la posibilidad de encapsular en los mismos de forma localizada determinadas sustancias, como sería las partículas magnéticas, nutrientes para el crecimiento de microorganismos, etc. quedando así el resto de la matriz de hidrogel libre para otros fines.

Teniendo en cuenta este objetivo global, nos planteamos los siguientes objetivos específicos:

1. Revisión bibliográfica sobre hidrogeles basados en agarosa e hidrogeles basados en alginato, así como de hidrogeles poliméricos destinados a la encapsulación de microorganismos.
2. Preparación de compartimentos magnéticos de tamaño milimétrico.
3. Preparación de hidrogeles poliméricos que contengan compartimentos magnéticos.
4. Caracterización de las propiedades mecánicas de los hidrogeles resultantes bajo esfuerzos uniaxiales.
5. OPCIONAL: Aplicación del hidrogel magnético obtenido a la encapsulación de un microorganismo. Si se consigue una encapsulación eficaz, se podría estudiar si el calentamiento provisto por las partículas magnéticas al irradiar con un láser tiene influencia sobre el crecimiento del microorganismo, etc.

Desde el punto de vista de la adquisición de competencias, este TFG permitirá ampliar y poner en práctica las competencias adquiridas sobre Mecánica de los Medios Continuos en las asignaturas “Mecánica y Ondas” y “Mecánica Analítica y de los Medios Continuos”, las de calorimetría alcanzadas en la asignatura “Termodinámica”, así como aquellas relacionadas con la interacción de campos electromagnéticos con la materia adquiridas en la asignatura “Electromagnetismo”. Asimismo, se desarrollarán todas las competencias generales y específicas propias del desarrollo de un TFG.

**Bibliografía básica:**

**Bibliografía:**

1. H.A. Barnes, et al. An Introduction to Rheology. Elsevier (1989).
2. R. G. Larson. The structure and Rheology of complex fluids. Oxford Univ. Press. (1999).
3. X. Liu, et al., Mater. Today 2020, 36, 102
4. S. R. Goudu, et al., Adv. Funct. Mater. 2020, 2004975.
5. F.J. Vazquez-Perez et al., Polymer 2021, 230, 124093.
6. A. Leon-Cecilla et al., Int. J. Biol. Macromol. 2024, 260, 129368.
7. A. Escribano-Huesca et al. Macromol. Rapid Commun. 2024, 45, 2400242.
8. M.A. Ruiz-Fresneda et al. Mater. Horiz. 2024, 11, 5533-5549.
9. E. González-Morales et al. Chemosphere. 2025, 370, 144020.
10. E. González-Morales et al. Res. in Eng. 2025, 25, 104331.
11. I. Moya-Ramírez et al. ACS Synth. Biol. 2022, 11, 1303-1312.

**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:** LAURA RODRÍGUEZ ARCO

**Ámbito de conocimiento/Departamento:** FÍSICA APLICADA

**Correo electrónico:** l\_rodriguezarco@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:** NICOLÁS ANTONIO RYZHOV RANDO

**Correo electrónico:** nicolasryzhov@correo.ugr.es