



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Hidrogeles microestructurados basados en biopolímeros y microcápsulas magnéticas

Descripción general (resumen y metodología):

En el campo de la física de la materia blanda (soft matter), la **compartimentación en microcápsulas** (p.ej., microgotas, microgeles, vesículas, etc.) permite aislar diferentes componentes (p.ej., (bio)moléculas, microorganismos, etc.) en volúmenes diminutos. Así, se pueden controlar de forma ultraprecisa reacciones químicas y procesos biológicos en la microescala. De hecho, la compartimentación es uno de los elementos clave en el diseño de células sintéticas capaces de imitar a las células vivas, un área de investigación de elevada proyección en la actualidad.

En este Trabajo Fin de Grado se pretende **preparar microcápsulas basadas en hidrogeles poliméricos que, a su vez, se dispersarán en una matriz de hidrogel macroscópica**. Los hidrogeles son materiales blandos compuestos por redes poliméricas tridimensionales capaces de retener grandes volúmenes de 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.

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

Objetivos planteados:

Objetivos planteados:

El objetivo principal de esta propuesta de Trabajo Fin de Grado (TFG) es la **preparación y caracterización de microcápsulas de hidrogel magnéticas basadas en la combinación de redes poliméricas termosensibles** (p.ej. agarosa, gelatina), capaces de sufrir una transición de fase bajo un cambio de temperatura, y partículas magnéticas comerciales o sintetizadas por el/la estudiante. Posteriormente, dichas microcápsulas se englobarán en una red polimérica de hidrogel, dando lugar a un hidrogel macroscópico dotado de microcompartimentos en los que se podrían encapsular otros componentes (p. ej. biomoléculas, etc.) quedando el resto de la matriz de hidrogel libre para otros fines. El carácter termosensible de las microcápsulas permitiría la reordenación de las partículas dentro de las mismas, dotando al material de la capacidad de ser reprogramado tras su síntesis.

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

1. Revisión bibliográfica reciente sobre hidrogeles dotados de microcompartimentos.
2. Preparación de microcápsulas de hidrogel magnéticas.
3. OPCIONAL: Síntesis de nanopartículas de magnetita por el método de coprecipitación.
4. Preparación de hidrogeles poliméricos macroscópicos que contengan dichas microcápsulas.
5. Caracterización de las propiedades mecánicas de los hidrogeles resultantes bajo esfuerzos uniaxiales.
6. Estructuración espacial de las microcápsulas en el seno del gel mediante la aplicación de campos magnéticos estáticos y de las partículas magnéticas dentro de las microcápsulas.
7. OPCIONAL: Aplicación del hidrogel magnético obtenido a la encapsulación de un microorganismo/biomolécula. 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

procesos bioquímicos (p.ej., enzimáticos) o biológicos (p.ej., 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.

Metodología:

Para la consecución de los objetivos planteados, seguiremos la siguiente metodología:

1. Revisión bibliografía reciente sobre hidrogeles en general y aquellos compuestos por microcompartimentos. Se usarán buscadores bibliográficos, por ejemplo Google Académico, Scopus, y/o Web of Science.
2. OPCIONAL: Síntesis de nanopartículas de magnetita mediante el método de coprecipitación.
3. Preparación de microcápsulas magnéticas basadas en hidrogel de agarosa (o gelatina) que contengan partículas magnéticas. Para ello se usarán partículas magnéticas comerciales o de magnetita sintetizadas por el método de coprecipitación, que se dispersarán en disoluciones acuosas de agarosa o gelatina; esta mezcla se utilizará como fase acuosa para la preparación de microgotas de emulsión agua-en-aceite. Una vez gelificadas las microcápsulas (mediante enfriamiento), se eliminará la fase oleosa, dando lugar a microesferas de gel.
4. Preparación de hidrogeles magnéticos que contengan las microcápsulas magnéticas preparadas de acuerdo al punto anterior. Para ello, las microcápsulas se dispersarán en una mezcla pre-gel, de modo que, una vez establecida la transición sol-gel, queden atrapadas en la red macroscópica. Para lograr una estructuración espacial de las mismas, se aplicarán campos magnéticos estáticos durante el proceso de gelificación. Una vez incluidas en la matriz, se podrá estudiar la reconfiguración de las partículas dentro de las microcápsulas induciendo una transición de fase en estas últimas mediante cambios de temperatura.
5. Caracterización de las propiedades mecánicas de los hidrogeles bajo esfuerzos uniaxiales usando los reómetros disponibles en los laboratorios del Departamento de Física Aplicada.
6. Caracterización de la microestructura de los hidrogeles mediante técnicas como la microscopía óptica, la microscopía de fluorescencia y la microscopía electrónica.
7. OPCIONAL: en caso de disponer de tiempo suficiente podrían explorarse aplicaciones como las comentadas en el objetivo 7. Para determinar si el microorganismo/biomolécula en cuestión se ha encapsulado, se tomarán fotografías usando un microscopio óptico y/o de fluorescencia. El seguimiento de procesos biológicos también se realizaría mediante microscopía.

Bibliografía básica:

1. L. Rodríguez-Arco et al., Nat. Materials 2017, 16, 857.
2. M. Nichols et al., Small 2018, 14, 1800739.
3. H.A. Barnes, et al. An Introduction to Rheology. Elsevier (1989).
4. R. G. Larson. The structure and Rheology of complex fluids. Oxford Univ. Press. (1999).
5. X. Liu, et al., Mater. Today 2020, 36, 102
6. S. R. Goudy, et al., Adv. Funct. Mater. 2020, 2004975.
7. F.J. Vazquez-Perez et al., Polymer 2021, 230, 124093.
8. A. Leon-Cecilla et al., Int. J. Biol. Macromol. 2024, 260, 129368.
9. A. Escribano-Huesca et al. Macromol. Rapid Commun. 2024, 45, 2400242.
10. M.A. Ruiz-Fresneda et al. Mater. Horiz. 2024, 11, 5533-5549.
11. E. González-Morales et al. Chemosphere. 2025, 370, 144020.
12. E. González-Morales et al. Res. in Eng. 2025, 25, 104331.
13. I. Moya-Ramírez et al. ACS Synth. Biol. 2022, 11, 1303-1312.

14. M.T. López-López et al. JCIS. 2005, 291, 144-151.
15. Y.-Q. Zhao et al. JChroma. 2023, 1708, 464365.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: LAURA RODRÍGUEZ ARCO

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA APLICADA

Correo electrónico: l_rodriguezarco@ugr.es

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

Nombre y apellidos: MODESTO TORCUATO LÓPEZ LÓPEZ

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA APLICADA

Correo electrónico: modesto@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: