

Curso
2025/2026

Guía Docente:

MATERIALES PARA BIOINGENIERÍA



FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS

1. IDENTIFICACIÓN

Titulación	Máster en Química de Materiales para el Futuro	Código	610596
Asignatura	Materiales para Bioingeniería	ECTS	5
Materia	Aplicaciones de Materiales		
Módulo	Aplicaciones de Materiales		
Carácter	Optativo	Semestre	Primero
Departamento responsable	Química Física (QF) Ingeniería Química y de Materiales (IQM) Bioquímica (BQ)		

Profesores responsables

Actividad	Profesor	Email	Despacho	Departamento
Teoría Seminarios	Paolo Natale	pnatale@ucm.es	QA-264	QF
Teoría Seminarios	Jesús Vega Vega	jevega@ucm.es	QA-131D	IQM
Teoría Seminarios	Noemí Encinas García	nencinas@ucm.es	QA-131C	IQM
Teoría Seminarios	María Teresa Portolés Pérez	tportole@ucm.es	Fac. CC. Químicas, 4ª planta, puerta 8	BQ
Teoría Seminarios	Lucía García Ortega	luciagar@ucm.es	Fac. CC. Biológicas, edificio anexo, 1ª planta, laboratorio 5	BQ
Teoría Seminarios	María José Feito Castellano	mjfeito@ucm.es	Fac. CC. Biológicas, edificio anexo, 1ª planta	BQ

2. OBJETIVOS

1. Identificar las estrategias de investigación e innovación más relevantes en bioingeniería en función del contexto en el que se produce la interacción de materiales de diversa naturaleza con organismo vivos a escala micro y macroscópica.
2. Analizar los diferentes tipos de materiales para implantes y regeneración tisular y sus propiedades, relacionando sus composición y estructura con la función a desarrollar.
3. Proponer estrategias de fabricación de materiales bioactivos, tejidos o soportes biocompatibles mediante técnicas de impresión 3D, 4D y 5D, seleccionando los materiales, instrumentación y metodología apropiada a cada aplicación, así como valorando las ventajas, limitaciones, y desafíos futuros de la técnica.

4. Identificar estrategias avanzadas de ingeniería celular y tisular que permitan la manipulación de tejidos y cultivos con fines biomédicos, así como la obtención de estructuras y dispositivos artificiales biomiméticos y/o biobasados que constituyen la base de nuevas disciplinas como la micro(bio)robótica, la biología sintética o desarrollo de sistemas inteligentes de transporte y liberación controlada de fármacos.
5. Establecer los modelos de evaluación funcional de materiales en el contexto biomédico, aplicándolos según los parámetros de medida (propiedades físicoquímicas, biocompatibilidad, modelos preclínicos, certificación para uso clínico, etc)
6. Debatir los aspectos éticos y normativos relacionados con el desarrollo de la bioingeniería y su impacto en la investigación tecnológica, la salud, el bienestar y la mejora de la calidad de vida.

3. CONTEXTUALIZACIÓN EN EL MÁSTER

La asignatura se oferta como optativa dentro del Módulo 2: Aplicaciones de Materiales, formando parte de la materia del mismo nombre ofreciendo contenidos específicos de bioingeniería para la fabricación de dispositivos funcionales en la macro- y micro-escala.

La asignatura presenta interés para alumnos con formación en Química, Ingeniería de Materiales, Biotecnología, Ingeniería Biomédica y otras áreas afines. La asignatura se enfoca en desarrollo y manufactura de macro- y micro- sistemas basados en nuevos materiales bioactivos, desde una perspectiva top-down orientada a la demanda social de nuevos materiales y dispositivos para la medicina y biotecnología. El curso cubrirá aspectos de ciencia de materiales, ingeniería celular y de tejidos, micromanipulación de dispositivos, manufactura aditiva de sistemas fisiológicamente funcionales, evaluación funcional y aspectos de regulación y normativa que controlan la introducción de nuevos materiales y dispositivos en el mercado.

4. CONTENIDOS

Conocimientos básicos

Nuevos materiales para implantes y regeneración tisular. Medicina protésica, reconstructiva y regenerativa. Materiales para implantes y prótesis permanentes y temporales. Materiales para regeneración de tejidos. Recubrimientos bioactivos y funcionales. Fabricación aditiva en bioingeniería. Prototipos y sistemas de impresión 3D, 4D y 5D. Ingeniería celular. Cultivo de tejidos y órganos. Lab-on-a-Chip y Sistemas microfluídicos. Manipulación celular. Microchips celulares y tisulares. Biología sintética. Micro-robótica blanda. Biocorrosión y Biodegradación. Modelos in vitro e in vivo para evaluación de la biocompatibilidad. Evaluación médica.

Contenidos generales

Los contenidos a tratar son:

1. Conceptos Generales de Sostenibilidad y Economía Circular
2. Impacto Ambiental de los Materiales.
3. Química Sostenible y Valorización de Recursos.
4. Estrategias sostenibles de preparación de materiales.
5. Reciclado, Recuperación y Remediación Ambiental.

Programa

BLOQUE 1. NUEVOS MATERIALES PARA MEDICINA PROTÉSICA, RECONSTRUCTIVA Y REGENERATIVA

Tema 1. Materiales para implantes y prótesis permanentes.

Sistemas actuales (c.p.Ti, Ti-6Al-4V, Cr-Co, inoxidable, PEEK, HDPE). Nuevas aleaciones biocompatibles con y sin memoria de forma.

Tema 2. Materiales para implantes temporales.

Metálicos (aleaciones de Fe, Zn, Mg), poliméricos (PLA, PCL, PLLA, PGLA), y compuestos (Mg/hidroxiapatita; Mg/polímero; polímero/hidroxiapatita).

Tema 3. Materiales poliméricos y naturales para regeneración de tejidos.

Hidrogeles inteligentes. Polímeros con memoria de forma. Materiales de origen natural (ácido hialurónico, colágeno, chitosán, telaraña, etc.).

Tema 4. Recubrimientos bioactivos y funcionalizados para implantes.

Biomiméticos. Cerámicos (conversión, sol-gel, electroquímicos). Sistemas híbridos cerámico/polímero (multifuncionales, inteligentes y jerarquizados).

BLOQUE 2. IMPRESIÓN 3D, 4D Y 5D.**Tema 5. Fabricación aditiva en bioingeniería.**

Conceptos generales. Micro- y macro- escala, impresión evolutiva en 4D y 5D.

Tema 6. Prototipos y sistemas de impresión 3D.

Nuevos biomateriales para impresión 3D (orgánicos, inorgánicos, híbridos y compuestos). Scaffolds y grafts: optimización de topología (laminares, redes, al azar, bioinspirados). Impresión de biomateriales cargados con fármacos. Características y retos de materiales obtenidos.

Tema 7. Sistemas 4D.

Fabricación aditiva con hidrogeles y polímeros con memoria de forma u otro tipo de respuesta inteligente. Avances y retos.

Tema 8. Sistemas 5D.

Componentes para cirugía dental y ortopedia con elevada resistencia y curvatura.

BLOQUE 3. INGENIERÍA CELULAR.**Tema 9. Cultivo de tejidos y órganos.**

Factores esenciales en el diseño y desarrollo de constructos para ingeniería tisular. Plataformas de cultivo. Matriz extracelular. Hidrogeles biomiméticos. Andamios multifuncionales. Bioimpresión de tejidos y órganos. Organoides. Aplicaciones en regeneración tisular.

Tema 10. Lab-on-a-Chip.

Sistemas microfluídicos (conceptos, dispositivos, materiales y fabricación). Microfluídica abierta; en flujo continuo; basada en gotas.

Tema 11. Manipulación celular.

Cultivo en medios microestructurados. Micropipetas y microinyección. Electrofisiología celular. Pinzado óptico y magnético.

Tema 12. Microchips celulares y tisulares.

Organ-on-a-Chip. Chip-in-an-Organ. Chip-in-a-Cell.

Tema 13. Biología sintética.

Principios de biología sintética in vitro. Genomas sintéticos. Biología molecular no convencional. Protocélulas. Biología sintética in silico.

Tema 14. Microrobótica blanda.

Micromateriales con respuesta a estímulos; hidrogeles naturales, sintéticos e híbridos; polímeros para actuación mecánica; eléctrica; guiado magnético. Aplicaciones en vectorización de fármacos; microendoscopia; microcirugía.

BLOQUE 4. EVALUACIÓN FUNCIONAL**Tema 15. Evaluación fisicoquímica.**

Conceptos de biocorrosión. Biocorrosión in vitro e in vivo. Control de degradación de implantes. Biodegradación de materiales metálicos, poliméricos y cerámicos. Regulación y normativa.

Tema 16. Evaluación de la biocompatibilidad.

Conceptos de biotoxicidad y biocompatibilidad. Modelos experimentales in vitro e in vivo. Técnicas de análisis: citometría de flujo; microscopía confocal; SEM; PCR; ELISA; histopatología; histomorfometría. Adhesión, proliferación y diferenciación celular. Citotoxicidad, apoptosis y estrés oxidativo. Hemocompatibilidad. Respuesta inmune. Angiogénesis y regeneración tisular.

Tema 17. Evaluación médica.

Modelos preclínicos de enfermedad in vivo / ex vivo. Imagen in vivo (TAC, NMR, PET, imagen óptica intravital). Conceptos 5R. Certificación de material para uso clínico. Medicina personalizada y de precisión. Introducción al ensayo clínico.

Seminarios y conferencias:

Seminario 1: Normativa REACH;

Seminario 2: Bioética.

Seminario 3: Perspectivas y oportunidades.

Seminario 4: Stakeholders.

5. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Conocimientos y contenidos

RA1	Valorar y comprender el impacto de diferentes características en la eficacia y aplicabilidad de materiales en diversos ámbitos científicos, tecnológicos e industriales, en base a sus propiedades químico-físicas.
RA2	Conocer las ventajas y desventajas de diferentes materiales utilizados en distintos ámbitos científicos, tecnológicos y/o industriales.

Destrezas y habilidades

RA13	Clasificar materiales como funcionales o estructurales según sus propiedades y características distintivas.
RA14	Analizar la idoneidad de rutas de síntesis, funcionalización y modificación química de materiales, evaluando sus propiedades estructurales y funcionales.
RA15	Discutir y diseñar metodologías para la recuperación, reciclado y reutilización de materiales.

Competencias

RA23	Diseñar soluciones innovadoras que optimicen la funcionalidad, eficiencia y sostenibilidad de los materiales en diversas aplicaciones.
RA24	Analizar conceptos avanzados de química relacionados con la síntesis, caracterización y aplicación de materiales.
RA25	Evaluar y gestionar eficazmente bibliografía, información científica, bases de datos y software tanto en castellano como en inglés.
RA26	Aplicar principios de sostenibilidad en la selección y uso de materiales, considerando su impacto ambiental, eficiencia de recursos y normativas vigentes.

6. HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo	Créditos (ECTS)
Clases teóricas	31	44	3
Seminarios	4	4	0,32
Trabajos tutorizados	5	23	1,12
Preparación de exámenes	2	12	0,56
Total	42	83	5

7. METODOLOGÍA

La práctica docente se desarrollará a través de clases teóricas (3.00 ECTS) y seminarios (0.32 ECTS), donde se explicarán los contenidos de la asignatura. Las clases de teoría estarán dirigidas a explicar al alumno conceptos generales en los que deberá profundizar con ayuda de la bibliografía propuesta. Las clases de seminarios consistirán en conferencias y otros complementos formativos, que permitirán ampliar los conocimientos y la adquisición de competencias. El estudiante realizará trabajos y/o proyectos que serán tutorizados por el profesorado en sesiones presenciales a lo largo del curso (1.12 ECTS). El examen oral y/o escrito se llevará a cabo al final del curso (0.56 ECTS).

8. BIBLIOGRAFÍA

Además del material que por parte del profesor se pondrá a disposición del alumno, se recomiendan los siguientes libros:

- “3D and 4D printing in biomedical applications: process engineering and additive manufacturing”, M. Maniruzzaman (Ed.), Weinheim: Wiley-VCH, (2019)
- “Laser printing of functional materials: 3D microfabrication, electronics and biomedicine”, A. Piqué, P. Serra (Eds.) Weinheim, Germany: Wiley-VCH (2018)
- “Biomaterials”, V. Migonney, London, England; Hoboken, New Jersey: ISTE: Wiley, (2014)
- “Biomaterials for Tissue Engineering”, M. Razavi, Sharjah: Bentham Science Publishers (2017).
- “Surface modification of magnesium and its alloys for biomedical applications”, Vol. 1, 2. T.S.N. Sankara Narayanan, I.-S. Park, M. H. Lee (Eds.), Woodhead Publishing (2015).
- “Microfluidics and Lab-on-a-chip”, A. Manz, J.S. O'Connor and P. Neuži. RSC (2021)

- “*Untethered Small-Scale Robots for Biomedical Applications*”, H. Lu, S. Zhang and X. Wang, Elsevier (2023).
- “*Micromanipulation*”, N.P. Belfiore, Ed. MDPI (2018)

9. EVALUACIÓN

El rendimiento académico del estudiante se computará atendiendo a la calificación del examen final, el trabajo personal y la participación activa en las actividades programadas para adquirir la formación básica en distintos ámbitos de la materia, de acuerdo a los siguientes porcentajes:

❖ **EXAMEN FINAL: 60%**

Se realizarán pruebas orales y/o escritas, correspondientes a los contenidos y a las actividades de la asignatura.

❖ **TRABAJO PERSONAL: 30%**

Se evaluará el trabajo personal en la resolución de las cuestiones, los ejercicios y/o problemas propuestos por el profesorado.

❖ **PARTICIPACIÓN ACTIVA: 10%**

Se evaluará la participación del estudiante en las sesiones presenciales y/o tutorizadas, así como el aprovechamiento de las actividades programadas.

Las calificaciones de cada apartado estarán basadas en la puntuación absoluta sobre 10 puntos y de acuerdo con la escala establecida en el RD 1125 / 2003. Para poder ser evaluado globalmente, se requerirá al alumno una calificación mínima de 4.5 / 10 en el examen final.