



**Máster en Ciencia y Tecnología Químicas**  
**Facultad de Ciencias Químicas**  
**Universidad Complutense de Madrid**

**Guía docente**

**NANOMATERIALES**

Código: 605205

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**CURSO 2024-2025**

**Nombre de la asignatura (Subject name)**

**Nanomateriales**

*Nanomaterials*

**Duración**

**Primer semestre**

**Créditos ECTS /Carácter**

**6 / Obligatoria en el Módulo 2 (“Especialización”) dentro de la Materia 2.1 (“Nanociencia y Nanomateriales”)**

**6 / Optativa en el Módulo 2 (“Especialización”) dentro de la Materia 2.2 (“Ciencia y Tecnología de Materiales”)**

**Contenidos básicos (Subject knowledge)**

Efectos de tamaño en las propiedades de los materiales. Síntesis y organización de nanopartículas. Propiedades de los nanomateriales. Materiales nanoporosos y técnicas de caracterización tales como: microscopía de barrido y de transmisión, microscopía de efecto túnel, microscopía de fuerzas atómicas, difracción de rayos X, electrones y neutrones

*Size effects on the materials properties. Synthesis and organization of nanoparticles. Properties of nanomaterials. Mesoporous materials. Characterization techniques.*

**Profesores y ubicación**

|                           |                                    |
|---------------------------|------------------------------------|
| <b>Profesora</b>          | M <sup>a</sup> Luisa Ruíz González |
| <b>Departamento</b>       | Química Inorgánica                 |
| <b>Correo electrónico</b> | luisarg@quim.ucm.es                |

|                           |                    |
|---------------------------|--------------------|
| <b>Profesora</b>          | Raquel Cortés Gil  |
| <b>Departamento</b>       | Química Inorgánica |
| <b>Correo electrónico</b> | rcortesg@ucm.es    |

|                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| <b>Profesor</b>           | María José Mayoral Muñoz |
| <b>Departamento</b>       | Química Inorgánica       |
| <b>Correo electrónico</b> | mj.mayoral@ucm.es        |

|                           |                    |
|---------------------------|--------------------|
| <b>Profesor</b>           | Israel Cano Rico   |
| <b>Departamento</b>       | Química Inorgánica |
| <b>Correo electrónico</b> | iscano@ucm.es      |

|                           |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
| <b>Profesor</b>           | Miguel Manzano García             |
| <b>Departamento</b>       | Química en Ciencias Farmacéuticas |
| <b>Correo electrónico</b> | mmanzano@ucm.es                   |

### Objetivos y competencias (*Abilities and Skills*)

#### OBJETIVOS

- 1.- Proporcionar una base sólida y equilibrada de conocimientos en nanomateriales.
- 2.- Desarrollar capacidades para aplicar los conocimientos, tanto teóricos como prácticos, a la resolución de problemas en entornos nuevos o dentro de contextos poco conocidos tanto químicos como multidisciplinares.
- 3.- Desarrollar capacidades que permitan a los estudiantes comunicar conclusiones, conocimientos y razonamientos sobre nanomateriales, tanto a audiencias especializadas como no especializadas de una forma clara y sin ambigüedades.
- 4.- Desarrollar herramientas de aprendizaje, mediante la educación en ciencia y tecnología químicas, que permitan a los estudiantes continuar su formación de un modo autodirigido o autónomo.
- 5.- Generar en el estudiante el interés por la investigación científica.

#### ABILITIES

1. *To give the appropriate basis of knowledge on nanomaterials.*
2. *To develop theoretical and practical abilities to solve scientific problems in new fields of chemistry or multidisciplinary areas.*
3. *To develop abilities for communicating their knowledge and conclusions on nanomaterials.*
4. *To develop learning tools that allow the students follow the formation in an autonomous manner.*
5. *To induce the interest for the research.*

#### COMPETENCIAS GENERALES

- CG1.- Integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de problemas en el área de nanomateriales.
- CG2.- Desarrollar habilidades teórico-prácticas para resolver problemas de interés científico dentro del campo de los nanomateriales.
- CG3.- Interpretar y analizar datos complejos que contribuyan al conocimiento de los nanomateriales.
- CG4.- Reconocer y evaluar la calidad de los resultados teóricos y prácticos utilizando las herramientas adecuadas.
- CG5.- Utilizar y reconocer la tecnología de los nanomateriales para poder resolver problemas en el entorno de los mismos.
- CG6.- Conocer y comprender los fundamentos científicos de los nanomateriales y sus interrelaciones entre estructura, propiedades y aplicaciones.

- CG7.- Correlacionar la composición de los nanomateriales con su estructura y propiedades, relacionando las propiedades macroscópicas con el tamaño de partícula.
- CG8.- Aplicar las técnicas comunes de caracterización de partículas de tamaño nanométrico.
- CG9.- Reconocer la importancia y utilidad de los nanomateriales en diversos campos.
- CG10.- Describir los procesos en que se basan algunos usos de los nanomateriales.

### **GENERAL SKILLS**

- GS1.- *To integrate knowledge on nanomaterials and to face up the complexity of questions in this area.*
- GS2.- *To develop capabilities on theory and practice to solve scientific questions on nanomaterials.*
- GS3.- *To analyse complex data contributing for the knowledge of nanomaterials.*
- GS4.- *To recognize and evaluate the quality of the results by using the appropriate tools.*
- GS5.- *To use and recognize the technology of nanomaterials in order to solve scientific problems in the area.*
- GS6.- *To understand the scientific basis of the nanomaterials and their structure – properties – applications relationships.*
- GS7.- *To correlate the composition of the nanomaterials with their structure and properties by relating the macroscopic properties with the particle size.*
- GS8.- *To apply the common techniques of characterization of nanometric size particles.*
- GS9.- *To recognize the importance and use of the nanomaterials in different areas.*
- GS10.- *To describe the processes in which some uses of the nanomaterials are based.*

### **COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

- CE2.- Planificar la experimentación de acuerdo a modelos teóricos o experimentales establecidos para los nanomateriales.
- CE4.- Desarrollar habilidades teórico-prácticas para la caracterización y análisis de nanomateriales.
- CE8.- Seleccionar y utilizar los distintos procedimientos de obtención de nanomateriales.
- CE9.- Discutir e investigar la influencia de la microestructura en las propiedades de los materiales, y relacionarla con leyes físicas adecuadas.
- CE10.- Utilizar técnicas de diseño y autoorganización de nanomateriales para preparar nanoestructuras con propiedades de interés tecnológico.
- CE11.- Identificar las funcionalidades de los nanomateriales, así como su desarrollo orientado hacia potenciales aplicaciones.
- CE12.- Diseñar estructuras químicas de nanopartículas adecuadas para su utilización en un ámbito determinado, y conocer las estrategias para su síntesis.

### **SPECIFIC SKILLS**

- SS2.- *To design the research according to theoretical or experimental models established for nanomaterials.*
- SS4.- *To develop theoretical and practical abilities for the characterization and analysis of nanomaterials.*
- SS8.- *To select and use the procedures to get nanomaterials.*
- SS9.- *To discuss and investigate the influence of the microstructure in the properties of the materials, and relate to physical laws.*
- SS10.- *To use the design and autoorganization techniques of nanomaterials in order to prepare nanostructures with interesting properties.*
- SS11.- *To identify the functionalities of the nanomaterials and their development to potential applications.*
- SS12.- *To design chemical structures of nanoparticles for their use in determining areas, and also to know the strategies for their synthesis.*

### **COMPETENCIAS TRANSVERSALES**

- CT1.- *Elaborar, escribir y defender informes de carácter científico y técnico.*
- CT2.- *Trabajar en equipo.*
- CT3.- *Valorar la importancia de la sostenibilidad y el respeto al medio ambiente.*
- CT4.- *Demostrar capacidad de autoaprendizaje.*
- CT5.- *Demostrar compromiso ético.*
- CT6.- *Comunicar resultados de forma oral/escrita.*
- CT8.- *Demostrar motivación por la investigación científica.*

### **GENERIC COMPETENCES**

- GC1.- *To elaborate, write and defend scientific and technical reports.*
- GC2.- *To work in multidisciplinary team.*
- GC3.- *To understand the importance of respecting and preserving the environment.*
- GC4.- *To demonstrate the ability to learn independently.*
- GC5.- *To show ethical commitment.*
- GC6.- *To communicate results orally or in writing.*
- GC8.- *To show motivation for scientific research.*

### **Resultados de aprendizaje (Learning outcomes)**

Al final de la asignatura el alumno debe ser capaz de:

- Seleccionar, optimizar y planificar procedimientos para la obtención de nanomateriales.
- Diseñar métodos que permitan la autoorganización de nanoelementos para preparar nanoestructuras.
- Seleccionar la técnica o técnicas de caracterización más adecuadas para el estudio del tamaño, morfología, microestructura y composición de nanomateriales.
- Explicar los avances más recientes en las técnicas de difracción de rayos-X y microscopía para la caracterización de nanomateriales.
- Reconocer la influencia del tamaño de partícula en las propiedades.

- Describir los fundamentos científicos que permiten entender relaciones entre la estructura/nanoestructura propiedades y aplicaciones.
- Seleccionar sistemas candidatos como conductores moleculares.
- Elucidar rutas sintéticas de materiales híbridos orgánico-inorgánicos para obtener diferentes propiedades en el producto final: comportamiento mecánico, hidrofobicidad, permeabilidad a los gases, etc.
- Diseñar estrategias y condiciones de síntesis de distintos materiales mesoporosos.

*At the end of this subject, the students will be able of:*

- *Choosing, optimizing and scheduling the synthetic routes for the preparation of nanomaterials.*
- *Designing methods for the nanoelements self-assembly for nanostructures preparation.*
- *Selecting the appropriate characterization techniques for determining the size, morphology microstructure and composition of nanomaterials.*
- *Explaining the most recent advances of the X-ray and microscopy techniques for the nanomaterials characterization.*
- *Understanding the influence of the particle size on the properties*
- *Describing the responsible scientific fundamentals for establishing the structure-nanostructure, properties and applications relationship.*
- *Selecting potential systems as molecular conductors.*
- *Elucidating synthetic routes for organic-inorganic hybrids materials to obtain different properties in the final product: mechanical behavior, hydrophobicity, gas permeability, etc.*
- *Designing strategies and synthesis conditions for preparing different mesoporous materials.*

## **Contextualización en el Máster**

La asignatura 2.1.1. “Nanomateriales” se oferta dentro del módulo 2 “Especialización”, y forma parte de dos de los cuatro itinerarios de dicho módulo. Presenta un carácter obligatorio dentro de la materia 2.1 “Nanociencia y Nanomateriales”, mientras que es optativa en la materia 2.2 “Ciencia y Tecnología de Materiales”.

Se contempla analizar los efectos que produce el tamaño en las propiedades de los materiales, así como estudiar diferentes métodos de síntesis y de organización de las nanopartículas. Se describen diferentes técnicas de caracterización de nanomateriales. Finalmente se amplía el estudio a nuevos sistemas con distintas aplicaciones, incluyendo propiedades electrónicas.

Esta asignatura ofrece una visión complementaria a la asignatura de “Nanoquímica”, por lo que ambas asignaturas se ofertan como obligatorias en la materia 2.1.

## Programa de la asignatura

### **Bloque I. Introducción**

Aspectos generales. Nanociencia y nanotecnología. Herramientas para la nanofabricación.

### **Bloque II. Diseño y preparación de nanomateriales**

Clusters, nanopartículas, nanohilos, nanotubos, otras nanoformas.

### **Bloque III. Caracterización de nanomateriales**

Técnicas difractométricas.  
Microscopía de campo cercano (AFM, STM).

### **Bloque IV. Propiedades de nanomateriales**

Efectos del tamaño. Efectos de superficie.  
Propiedades eléctricas. Propiedades ópticas: confinamiento cuántico.  
Propiedades magnéticas: superparamagnetismo. Aplicaciones.

### **Bloque V. Sólidos mesoporosos. Materiales híbridos**

Estructuras mesoporosas. Aplicaciones tecnológicas. Materiales mesoporosos en biomedicina.  
Nanomateriales híbridos: nanopartículas funcionalizadas. Principales aplicaciones tecnológicas y en biomedicina.

### **Bloque VI. Nuevos sistemas de utilidad en nanoelectrónica: nanohilos moleculares**

Nanohilos moleculares. Nanocontactos metálicos.

## Metodología y programación docente

La práctica docente seguirá una metodología mixta basada en el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje colaborativo y el autoaprendizaje. Esta metodología se desarrollará a través de clases teóricas mediante exposiciones magistrales (3,6 ECTS; CG1, CG3, CG5, CG6, CG7, CG8, CG9, CG10, CE2, CE8, CE9, CE10, CE11, CE12, CT3, CT5), y clases de seminarios (1,8 ECTS; CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7, CG8, CG9, CG10, CE2, CE4, CE8, CE9, CE10, CE11, CE12, CT3, CT4, CT5) en las que se plantearán ejercicios relacionados con la identificación de las propiedades de los diferentes materiales y su aplicación. Como apoyo a las explicaciones teóricas y seminarios, se proporcionará a los alumnos el material docente apropiado a través del **Campus Virtual**, en inglés o en español dependiendo de la fuente de procedencia.

Se realizarán también tutorías dirigidas (0,2 ECTS; CG1, CG2, CG3, CG4, CE2, CE4, CE8, CE9, CE10, CE11, CE12, CT2, CT4, CT5, CT6) sobre cuestiones relacionadas con el temario de la asignatura. Ellas servirán para conocer las capacidades de los alumnos en la adquisición de conocimientos y competencias de la materia.

Además los alumnos elaborarán trabajos individuales o en grupo relacionados con los contenidos de la asignatura. Ello permitirá que los estudiantes pongan en práctica sus capacidades en la obtención de información, empleando la bibliografía

o recursos adecuados. También podrán asistir a aquellas conferencias, recomendadas por la Comisión de Coordinación del Máster, cuyo perfil sea más adecuado a los contenidos de cada materia. Estas actividades, junto con los exámenes orales o escritos, supondrán 0,4 ECTS (CG1, CG6, CG7, CE11, CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT8).

### PROGRAMACION DOCENTE

| Actividad   | Presencial (hrs) | Trabajo autónomo (hrs) | Créditos ECTS (horas) |
|---|------------------|------------------------|-----------------------|
| Teoría / Theory classes   | 36,0             | 54,0                   | 3,6 (90,0)            |
| Seminarios / Seminars   | 18,0             | 27,0                   | 1,8 (45,0)            |
| Tutorías/ Tutorials   | 2,0              | 3,0                    | 0,2 (5,0)             |
| Preparación de trabajos, conferencias y exámenes / Works preparation, conferences and exams | 4,0              | 6,0                    | 0,4 (10,0)            |
| <b>Total</b>  | <b>60,0</b>      | <b>90,0</b>            | <b>6 (150)</b>        |

### Evaluación del aprendizaje

El rendimiento académico del estudiante se computará atendiendo a la calificación del examen final y la evaluación del trabajo personal en los siguientes porcentajes:

- Examen escrito u oral: 40 %

Es imprescindible obtener una puntuación mínima de 4,0 en el examen final para que esta actividad contribuya a la calificación global de la asignatura. Quién no supere este examen final deberá realizar otro examen escrito en la convocatoria extraordinaria.

- Trabajo personal: 50 %

La evaluación del trabajo individual del alumno se llevará a cabo teniendo en cuenta su destreza en la resolución de diferentes cuestiones planteadas. Además, se valorarán, principalmente, los trabajos, individuales o en grupo, que se realicen, teniendo en cuenta tanto el conjunto del trabajo como la claridad de la presentación.

- Participación en tutorías y asistencia a conferencias: 10 %

Se valorará la capacidad y actitud que demuestre en las actividades planteadas.

Para poder ser evaluado, el estudiante deberá haber participado, al menos, en el 70 % de las actividades presenciales.

Las calificaciones estarán basadas en la puntuación absoluta sobre 10 puntos y de acuerdo con la escala establecida en el RD 1125/2003.

**Idioma o idiomas en que se imparte**

Español

**Bibliografía y recursos complementarios**

Bibliografía General

- Adachi, M.; Lockwood, D. J.: “*Self-Organized Nanoscale Materials*”, Springer, 2006.
- Bruce, D. W.; O’Hare, D.; Walton, R.: “*Low-Dimensional Solids*”, Inorganic Materials Series, Wiley-Blackwell, 2010.
- Cao, G.; Wang, Y.: “*Nanostructures and Nanomaterials. Synthesis, Properties and Applications*”, Imperial College Press, 2<sup>nd</sup> Ed., 2011
- Cullity, B. D.; Graham C. D.: “*Introduction to Magnetic Materials*”, Addison-Wesley, 2<sup>nd</sup> Ed., 2008.
- Liu, G.; Chen, X.: “*Spectroscopy Properties of Lanthanides in Nanomaterials*”, Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths, Vol. 37, Editors Gschneider, K. A.; Bunzli, J. C.; Pecharsky, V. K., Elsevier, 2007.
- Ozin, G. A.; Arsenault, A. C.; Cademartiri, L.: “*Nanochemistry: A Chemical Approach to Nanomaterials*”, 2<sup>a</sup> Ed., RSC Publishing, 2009.
- Rao, C. N. R.; Müller, A.; Cheetham, A. K.: “*Nanomaterials Chemistry: Recent Developments and New Directions*”, Wiley-VCH, 2007.
- Rao, C. N. R.; Müller, A.; Cheetham, A. K.: “*The Chemistry of Nanomaterials. Synthesis, Properties and Applications*”, Vols. 1 y 2, Wiley-VCH, 2004.
- Schmid, G. (Ed.): “*Nanoparticles. From the Theory to Application*”, 2<sup>a</sup> Ed., Wiley-VCH, 2005.
- Vollath, D.: “*Nanomaterials. An Introduction to Synthesis, Properties and Applications*”, Wiley-VCH, 2<sup>nd</sup> Ed. 2013.
- Wang, Z. L. (Ed.): “*Characterization of Nanophase Materials*”, Wiley-VCH, 2000.

Bibliografía Específica

- Schubert U. S.; Newkome, G. R.; Winter, A.: “*Supramolecular Polymers and Assemblies. From Synthesis to Properties and Applications*”. Wiley-VCH, 2021.
- Van Leeuwen, Piet W. N. M.; Claver, C. (Eds.): “*Recent Advances in Nanoparticle Catalysis*”. Springer, 2020.
- P. G. Jamkhandea, N. W. Ghuleb, A. H. Bamerc, M. G. Kalaskar. “*Metal nanoparticles synthesis: An overview on methods of preparation, advantages and disadvantages, and applications*”. J. Drug. Deliv. Sci. Technol. **2019**, 53, 101174.
- N. T. K. Thanh, N. Maclean, S. Mahiddine. “*Mechanisms of Nucleation and Growth of Nanoparticles in Solution*”. Chem. Rev. **2014**, 114, 7610–7630.
- Vancha Harish, Devesh Tewari, Manish Gaur, Awadh Bihari Yadav, Shiv Swaroop, Mikhael Bechelany, Ahmed Barhoum. “*Review on Nanoparticles and Nanostructured Materials: Bioimaging, Biosensing, Drug Delivery, Tissue Engineering, Antimicrobial, and Agro-Food Applications*”. Nanomaterials, **2022**, 12, 457.

- Hannah-Noa Barad, Hyunah Kwon, Mariana Alarcón-Correa, Peer Fischer. “*Large Area Patterning of Nanoparticles and Nanostructures: Current Status and Future Prospects*”. ACS Nano **2021**, 15, 5861.
- Sundas Bahar Yaqoob, Rohana Adnan, Raja Muhammad Rameez Khan, Mohammad Rashid. “*Gold, Silver, and Palladium Nanoparticles: A Chemical Tool for Biomedical Applications*”. Front. Chem. **2020**, 8, article 376.