

## Nanociencia y nanotecnología. Principios y aplicaciones Cod.: 09



### DIRECTORES:

Pedro Hidalgo Alcalde (UCM) y Adriana Herrera Barros (UDC).

### FECHAS Y HORARIO DEL CURSO:

Del 15 al 26 de abril de 2024.

Mañanas de 9:00 a 14:00 horas, de lunes a viernes.

### PERFIL DEL ALUMNADO:

Se debe tener la formación y conocimientos que se adquieren en las titulaciones de Ciencia de Materiales, Ingeniería de Materiales, Física o Química, así como en titulaciones de Ingeniería en donde se proporcione conocimiento de Ciencia de Materiales. Los posibles alumnos del curso son estudiantes de último o penúltimo curso del grado, graduados, estudiantes de Maestría y Doctorado, así como otros profesionales con titulación en Física o Química, así como Ingeniería Química y afines.

### INTERÉS:

La Nanociencia y la Nanotecnología son disciplinas a la vanguardia del conocimiento científico. Combinan aspectos de las ciencias básicas aplicadas a campos específicos, como la física, la química, la ingeniería de materiales, las ciencias y la ingeniería electrónica, la biotecnología y la medicina. Por lo tanto, la nanociencia y la nanotecnología son áreas clave de investigación y desarrollo interdisciplinarios, en las que la actividad está aumentando en todo el mundo. La Nanotecnología, o tecnología que trata con elementos de dimensiones medibles en nanómetros (o milmillonésimas de metro), ha contribuido en los últimos años a numerosos avances tecnológicos y a la aparición de nuevas aplicaciones, o mejoras en aplicaciones existentes, en distintos campos. La Nanotecnología ya está presente en nuestra vida diaria y las previsiones indican que tendrá mucha más importancia y un fuerte impacto económico en los próximos años.

En este curso se describirán los principios de la Nanociencia y Nanotecnología, con una introducción a las dimensiones del “nanomundo” y a sus elementos básicos que son los nanomateriales, seguidos de distintos aspectos de la nanociencia con énfasis en aplicaciones nanotecnológicas importantes.

El conocimiento de los nanomateriales y sus principales propiedades físicas y químicas, constituyen los puntos de partida para la comprensión de los fenómenos que tienen lugar en la nanoescala y, por consiguiente, de las diferentes aplicaciones que se pueden dar en el área de la Nanotecnología. Una introducción a los nanomateriales, como la que se imparte en este curso, con énfasis en sus propiedades físicas y químicas, será de utilidad

para aquellos estudiantes y profesionales interesados en entrar en contacto con los conceptos básicos de Nanociencia y Nanotecnología y con las posibilidades de su desarrollo científico e industrial. Un aspecto para destacar es el énfasis del curso en técnicas de fabricación de nanoestructuras que no impliquen equipamiento ni procesos costosos, sino que estén al alcance también de pequeños laboratorios de investigación o industriales que deseen introducirse en dichas técnicas y formar investigadores y técnicos. Así mismo la introducción a las técnicas experimentales más importantes de estudio a nivel nanoscópico, incluida en el curso, es una herramienta importante para la investigación y el desarrollo de aplicaciones nanotecnológicas. Se tratan en el curso importantes aspectos actuales de las aplicaciones de la nanotecnología relacionadas con sus propiedades mecánicas, ópticas, electrónicas, químicas y con sus reducidas dimensiones. El enfoque del curso es multidisciplinar, como corresponde al carácter de la Nanotecnología, resaltándose la interacción imprescindible entre las áreas de Física, Química e Ingeniería de Materiales, entre otras.

### **OBJETIVOS:**

El objetivo del curso es proporcionar a los alumnos un conocimiento introductorio sobre los conceptos de la nanotecnología y la nanociencia y de las propiedades físicas y químicas en la nanoescala relacionadas con aplicaciones en una variedad de campos como la nanoelectrónica, nanoóptica, salud, automoción, industria aeroespacial o energía. En el curso se describen distintos métodos, físicos y químicos, de síntesis de nanomateriales en formas de nanohilos, nanopartículas, o nanoplacas, como el grafeno, y las técnicas más importantes de caracterización en la nanoescala, así como metodologías computacionales y de Inteligencia Artificial (AI) aplicadas al diseño de materiales en la nanoescala.

### **PROGRAMA:**

1. **Introducción a la Nanotecnología.** El mundo “nano”: dimensiones. Estructuras nanométricas, tamaño y formas más importantes. Morfología. Nanopartículas. Nanohilos. Nanotubos. Nanoplacas. Estructuras complejas.
2. **Síntesis de nanomateriales.** Métodos químicos y electroquímicos. Sol-Gel. Hidrotermal. Oxidación anódica. CVD. Química verde. Micelas inversas. Métodos físicos. Evaporación-solidificación (Vapor-sólido o VS). Vapor-líquido-sólido (VLS). Epitaxia. Epitaxia de haces moleculares (MBE). Molido mecánico.
3. **Nanomateriales importantes en Nanotecnología.** Nanomateriales metálicos. Nanomateriales semiconductores. Materiales 2D. Nanoestructuras de Carbono (nanotubos, grafeno, fullerenos). Relación estructura/propiedades, defectos, quiralidad en nanotubos de carbono.
4. **Técnicas de caracterización en la nanoescala.** Difracción de rayos X. Espectroscopías ópticas (absorción, reflexión, fotoluminiscencia). Calorimetría diferencial. Análisis térmico-gravimétrico. Microscopía electrónica de barrido. Microscopía electrónica de transmisión. Técnicas de superficie (AFM-microscopía de fuerza atómica, XPS-espectroscopía de fotoelectrones de rayos X).

5. **Caracterización computacional de nanomateriales.** Metodologías computacionales para la caracterización de materiales. Simulación a multiescala. Teoría del Funcional de la Densidad (DFT). Dinámica molecular clásica (MD). Metodologías de Inteligencia Artificial (AI) aplicada al diseño de materiales. Aplicaciones. Evaluación de propiedades mecánicas, electrónicas y químicas.
6. **Estabilidad Coloidal.** Auto ensamblaje. Estructuras micelares nanométricas. Coloides. Energía de interacción total (Fuerzas de atracción de van der Waals y Fuerzas de repulsión estéricas, osmóticas y elásticas). Nanomateriales y medio ambiente. Nanotoxicidad y nanomedicina.
7. **Nanoestructuras magnéticas y sus aplicaciones.** Tamaño y comportamiento magnético. Síntesis de nanopartículas magnéticas. Aplicaciones de nanopartículas magnéticas en biomedicina, transferencia de calor, sensores, catalizadores y separación magnética.
8. **Nanoóptica y nanoelectrónica.** Efectos cuánticos en la nanoescala. Nanomateriales semiconductores. Confinamiento cuántico. Aplicaciones ópticas en la nanoescala. Nanofibras ópticas. Luminiscencia y confinamiento cuántico. Nanoresonadores ópticos. Nanoláseres. Fotodetectores.
9. **Obtención de nanomateriales a partir de residuos agroindustriales.** Métodos fisicoquímicos y de química verde para la preparación de Nanocristales de celulosa y nanopartículas de lignina a partir de residuos agroindustriales. Aplicaciones de los nanomateriales lignocelulósicos para la modificación de fibras y matrices poliméricas.
10. **Propiedades mecánicas en la nanoescala.** Superplasticidad. Nanocompuestos y sus aplicaciones.
11. **Caracterización computacional de nanomateriales (Práctica).** Sistema operativo Linux, comandos y desarrollos de *scripts* en bash. Optimización estructural DFT con Quantum Espresso. Simulaciones de dinámica molecular clásica con LAMMPS. Aplicación del aprendizaje de máquinas y redes neuronales artificiales en la simulación de materiales

#### ACTIVIDADES PRÁCTICAS:

- Se realizarán actividades prácticas para cubrir el tema de *Caracterización computacional de nanomateriales*, con lo cual se contará con los recursos computacionales de la Sala de Simulación del Programa de Ingeniería Química de la Universidad de Cartagena.

## PROFESORADO:



### **Prof. Dr. Pedro Hidalgo alcalde, UCM.**

- ✚ Profesor Titular de Universidad en el Dpto. Física de Materiales de la UCM desde 2009 con acreditación a Catedrático de Universidad por la Agencia Nacional de Acreditación (ANECA).
- ✚ Ha participado en 37 proyectos de investigación internacionales, nacionales y/o regionales.
- ✚ Desde su licenciatura ha desarrollado varias actividades científicas avaladas por las más de 71 publicaciones (60 en revistas internacionales dentro del IsiWeb además de 4 capítulos de libros y 7 artículos en revistas no indexadas con índices de calidad relativos. Los resultados científicos han sido presentados en más de 90 congresos nacionales y sobre todo internacionales (con 3 conferencias invitadas en los últimos 10 años en congresos internacionales). Ha impartido 5 conferencias y seminarios de divulgación científica.
- ✚ Asimismo, ha realizado, a parte de su estancia postdoctoral, varias estancias en centros de investigación extranjeros (Sincrotrón Trieste, Instituto Tecnológico e Nuclear de Lisboa, Univ. de Bolonia, etc).
- ✚ Además de la investigación en el marco de los nanomateriales, ha desarrollado su labor en el campo de los detectores de radiación basados en CZT (Cadmio-Zinc-Teluro) a través de un proyecto coordinado con el CIEMAT, UAM, Hospital Gregorio Marañón y IMM (Instituto de Microelectrónica de Madrid). El número de artículos y resultados científicos en este campo ha sido muy importante y han dado lugar a resultados muy importantes dentro de esta área de los detectores de radiación.
- ✚ Dirección de Trabajos: (En los últimos 10 años):
  - ❖ Codirección de 2 tesis doctorales
  - ❖ Dirección de 11 Trabajos de Máster.
  - ❖ Dirección de 16 Proyectos Fin de Carrera de la “Ingeniería de Materiales”.
  - ❖ Dirección de 1 Trabajos Fin de Carrera de la Licenciatura en Física
- ✚ **Cargos de Gestión:**
  - ❖ En la actualidad es coordinador del Máster “Nanofísica y Materiales Avanzados” que se imparte en la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense



**Prof<sup>a</sup> Dra. Adriana Herrera Barros, UDC.**

- ✚ Ingeniera Química egresada de la Universidad del Atlántico, Colombia (2001); Magíster en Ingeniería Química de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Mayagüez (2005); Doctora en Ingeniería Química de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Mayagüez (2009) e Investigadora postdoctoral del Instituto de Nanomateriales Funcionales de la Universidad de Puerto Rico (2009-2010). Profesora titular del Programa de Ingeniería Química de la Universidad de Cartagena, Colombia, desde el año 2012. Directora del grupo de investigación Nanomateriales e Ingeniería de Procesos Asistida por Computador (NIPAC) de la Universidad de Cartagena, categoría A1 de Minciencias; además, cuenta con la categoría de Investigadora Senior de Minciencias desde el año 2018.
  
- ✚ **Líneas de investigación:**
  - ❖ Síntesis y caracterización de nanomateriales. Nanotecnología para remediación ambiental y generación de energía. Nanomateriales antimicóticos y antimicrobianos. Nanomedicina.
  
- ✚ **Proyectos de Investigación:**
  - ❖ En los últimos 10 años ha sido Investigadora Principal de 10 proyectos de investigación y co-investigadora en 7 proyectos de investigación enfocados en la síntesis de nanomateriales empleando metodologías de química verde, fotodegradación de contaminantes acuosos usando nanomateriales fotocatalíticos basados en nanopartículas de dióxido de titanio y óxido de zinc, preparación de empaques de alimentos con incorporación de nanopartículas metálicas y aplicación de nanopartículas magnéticas para la remoción de contaminantes acuosos, entre otros. Estos proyectos fueron financiados por diversas entidades colombianas, tales como la Universidad de Cartagena, Universidad Pontificia Bolivariana (Seccionales Medellín y Bucaramanga), Minciencias y empresas del sector industrial.
  
- ✚ **Publicaciones Científicas y Congresos:**
  - ❖ En los últimos diez años ha registrado en la base de datos Scopus la publicación de 67 artículos científicos en revistas internacionales (Código de identificación en Scopus 8604623800). Cuenta con un índice h de 23 con un registro de citaciones de 1505. Código Orcid 0000-0002-4355-3401. Ha participado como ponente en numerosos congresos científicos nacionales e internacionales, tales como XXX Congreso Colombiano de Ingeniería Química 2020 (Bogotá, Colombia), 23rd International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA 2018 (Praga, República Checa) y CARIBMAT Conferencia del Caribe sobre Materiales Funcionales, realizado en las ciudades de Santo Domingo (2016) Cartagena de Indias (2018) y Puerto Rico (2023). Ha dirigido 2 tesis de doctorado finalizadas y 3 tesis doctorales que se encuentran en ejecución. Adicionalmente, ha sido directora de 4 tesis de maestría y más de 15 tesis de pregrado en Ingeniería Química.

#### ✚ **Estancias Cortas de Investigación:**

- ❖ Entre las estancias cortas de investigación, se destacan las siguientes: Cornell University (USA) septiembre a diciembre del 2015; Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires (Argentina) noviembre a diciembre del 2017; y Pontificia Universidad Católica en Valparaíso (Chile), noviembre a diciembre del 2019.

#### ✚ **Cargos anteriores de gestión:**

- ❖ Jefa del Departamento de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena (2014-2017). Directora del Programa de Ingeniería Química de la Universidad de Cartagena (2017-2022). Representante del énfasis de Ciencia y Tecnología de los Materiales en el Comité Académico del Programa de Doctorado en Ingeniería de la Universidad de Cartagena (2016-2023).



#### **Prof. Dr. Javier Piqueras de Noriega, UCM.**

- ✚ Catedrático Emérito de la Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Física de Materiales. Profesor Invitado de la Universidad de La Habana desde 2019.

#### ✚ **Líneas de investigación**

- ❖ Nanomateriales, síntesis y propiedades. Materiales Funcionales. Propiedades ópticas y electrónicas. Microscopía de Materiales.

#### ✚ **Proyectos de Investigación**

- ❖ Investigador de proyectos financiados por Planes Nacionales de Investigación, Comunidad Autónoma de Madrid, Instituto de Estudios Nucleares, OTAN, Fundación Humboldt, Fundación Volkswagen, Ministerio de Asuntos Exteriores, Acciones Integradas con Portugal, Francia, Alemania e Italia, Programas de la Unión Europea. Proyectos del artículo 83 con empresas.

#### ✚ **Publicaciones Científicas y Congresos**

- ❖ 402 artículos en revistas internacionales, de ellos 68 en los últimos diez años.
- ❖ Índice h= 42; Índice i10 = 214; Citas 7326 (250 citas en 2023) (Google Scholar).
- ❖ Tres patentes. 18 tesis doctorales dirigidas
- ❖ 360 contribuciones a congresos. Unas 40 participaciones en Comités Científicos de congresos. Organizador de 6 simposios y congresos internacionales (MRS, Euromat).
- ❖ Organizador en los últimos años de tres congresos internacionales CARIBMAT (Conferencia del Caribe sobre Materiales Funcionales): Santo Domingo (2016) Cartagena de Indias (2018) y Puerto Rico (2023).

#### ✚ **Tramos docentes y de investigación:**

- ❖ 6 tramos docentes y 6 tramos de investigación

- ✚ **Referee** de numerosas revistas científicas internacionales (Journal Applied Physics, Applied Physics Letters, Physical Review B, Nanotechnology, Materials Chemistry

and Physics, Journal of Luminescence, Physica Status Solidi, Journal of Physics D, Journal of Physics: Condensed Matter etc.)

✚ **Evaluador de proyectos** de investigación de agencias nacionales y regionales de España y de agencias extranjeras (Rumanía, Chequía, Argentina, Israel, Suecia, INTAS, International Scientific Foundation).

✚ **Premio** de Investigación de la Universidad de La Habana.

✚ **Expresidente** de la Sociedad Española de Microscopía.

✚ **Escuelas de Verano:**

- ❖ Director y profesor de cursos de: Fundación del Mar Negro (Rumanía), Universidad Complutense (El Escorial), Foro Complutense, Unión Europea.
- ❖ Profesor, en diez ocasiones, de la Escuela Internacional de Verano en Ciencia de Materiales de la Universidad de La Habana.

✚ **Cargos anteriores de gestión:**

- ❖ Secretario de la Facultad de Ciencias Físicas de la UCM.
- ❖ Director del Departamento de Física del Estado Sólido de la Universidad del País Vasco.
- ❖ Director del Departamento de Física de Materiales de la UCM.



**Prof. Dr. Juan Carlos Burgos Beltrán, UDC.**

✚ Ingeniero Químico de la Universidad Industrial de Santander (UIS) (2007) y Doctor en Ciencia e Ingeniería de los Materiales de la Universidad Texas A&M (2014). Profesor de planta del Programa de Ingeniería Química de la Universidad de Cartagena desde el año 2018.

✚ **Líneas de Investigación:**

- ❖ Ciencia de los materiales computacional y química computacional aplicada a catálisis heterogénea, química de superficies, generación y almacenamiento de energía, diseño de biomateriales con actividad interfacial y capacidad antimicrobiana, y caracterización de materiales para sensores electroquímicos y ópticos.

✚ **Proyectos de investigación:**

- ❖ Investigador principal en cuatro proyectos de investigación relacionados a la caracterización y diseño de materiales para dispositivos de almacenamiento de energía, diseño de catalizadores para reacciones tipo Fenton, y la evaluación de la interacción de metales pesados con superficies funcionalizadas de sensores ópticos. Adicionalmente, co-investigador en múltiples proyectos de catálisis heterogénea, evaluación de materiales para celdas solares, y diseño racional de biomoléculas con actividad superficial y antimicrobiana.

✚ **Publicaciones:**



Escuela Complutense  
Latinoamericana



Cartagena  
de Indias  
(Colombia)

15 al 26 de  
abril de 2024

- ❖ Más de veinte artículos revisados por pares y publicados en revistas científicas internacionales de la Asociación Americana de Química (ACS), Elsevier, y la Real Academia de Química (RSC), entre otras. Las publicaciones han contribuido al desarrollo de diferentes campos de investigación como de la catálisis heterogénea, específicamente la síntesis de nanotubos de carbono, almacenamiento de energía y las baterías de litio, así como el diseño de biomateriales. Más de 400 citas (Google scholar) y un índice h de 12 avalan la productividad académica y el impacto que está ha generado en la comunidad científica.