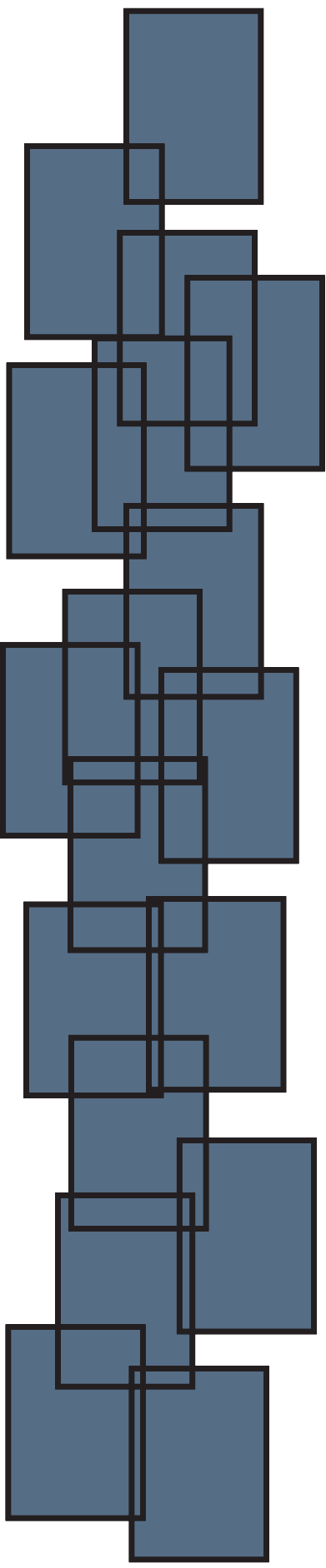


# NANOMATERIALES





## Fernando Palacio Parada

**Lugar y fecha de nacimiento:** Madrid, 27 de septiembre 1944.

**Formación:** Licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad de Zaragoza en 1971; doctor en Ciencias en 1974. Estancias postdoctorales en Oxford y Chicago (1976 –1979).

**Carrera profesional:** Profesor del Departamento de Termodinámica de la Universidad de Zaragoza en el 1979; miembro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas desde 1986 y Profesor de Investigación en el Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA). Coordina el grupo multidisciplinar TERMOMAG en materiales multifuncionales y nanoparticulados.



## 1. Introducción

El término Nanomateriales engloba todos aquellos materiales desarrollados con al menos una dimensión en la escala nanométrica. Cuando esta longitud es, además, del orden o menor que alguna longitud física crítica, tal como la longitud de Fermi del electrón, la longitud de un monodominio magnético, etc., aparecen propiedades nuevas que permiten el desarrollo de materiales y dispositivos con funcionalidades y características completamente nuevas. En este área, por lo tanto, se incluyen agregados atómicos (clusters) y partículas de hasta 100 nm de diámetro, fibras con diámetros inferiores a 100 nm, láminas delgadas de espesor inferior a 100 nm, nanoporos y materiales compuestos conteniendo alguno de estos elementos. La composición del material puede ser cualquiera, si bien las más importantes son silicatos, carburos, nitruros, óxidos, boruros, seleniuros, telurios, sulfuros, haluros, aleaciones metálicas, intermetálicos, metales, polímeros orgánicos y materiales compuestos.

El área es por lo tanto de carácter horizontal con influencia en prácticamente todos los sectores socio-económicos, desde Sanidad y Salud hasta Energía pasando por Textil, Tecnologías de la Comunicación e Información, Seguridad, Transporte, etc. y un enorme potencial económico. La National Science Foundation de EE.UU. estima que la nanotecnología moverá en 2015 un billón ( $10^{12}$ ) de dólares en el mundo, representando el segmento de nanomateriales el 31% del total. Las estimaciones del Deutsche Bank preveen un mercado en torno a los 370 millardos de dólares ( $10^9$ ) para el 2010 con una tasa de crecimiento del 15% anual.

## 2. Estado del arte (últimos avances, etc.)

Los sectores de actividad más relevantes en Nanomateriales incluyen Materiales Nanoestructurados, Nanopartículas, Nanopolvos, Materiales Nanoporosos, Nanofibras, Fullerenos, Nanotubos de Carbono, Nanohilos, Dendrímeros, Electrónica Molecular, Puntos Cuánticos y Láminas Delgadas. La actividad en cada uno de ellos está fuertemente condicionada por la demanda de cada sector socio-económico mencionado anteriormente. Así, el sector Sanidad y Salud está obteniendo excelentes resultados en ingeniería de tejidos, liberación controlada y dirigida de fármacos y agentes de contraste para el diagnóstico por imagen. En el sector de Tecnologías de la Comunicación e Información los avances más destacados están en el desarrollo de la electrónica de espines, spintrónica, y en el avance de la electrónica molecular, incluido el uso de nanotubos de carbono en pantallas. Los desarrollos fotocatalíticos, fundamentalmente basados en el óxido de titanio, están teniendo notable impacto en sectores tan diversos como el de la industria cosmética, medio ambiente y cerámica. La incorporación de nanomateriales funcionales a las fibras textiles está dando lugar a una nueva generación de fibras funcionales con capacidad de responder a estímulos exteriores con nuevas propiedades.

El área está estrechamente relacionada con la de Nanoquímica ya que la preparación de materiales por rutas sintéticas, *bottom-up*, permite un grado de control de tamaño y propiedades muy difícil, sino inalcanzable, de conseguir con técnicas más físicas de reducción de tamaño, *top-down*.

La importancia de los Nanomateriales no sólo está en su tamaño, situado entre la escala macroscópica y la escala atómica, que bien da lugar a propiedades nuevas como mejora otras ya existentes. Estos materiales tienen además la potencialidad de



ser disruptivos, pudiendo dar lugar a tecnologías que sustituyan otras ya existentes con costes muy inferiores, tanto de materias primas como de producción.

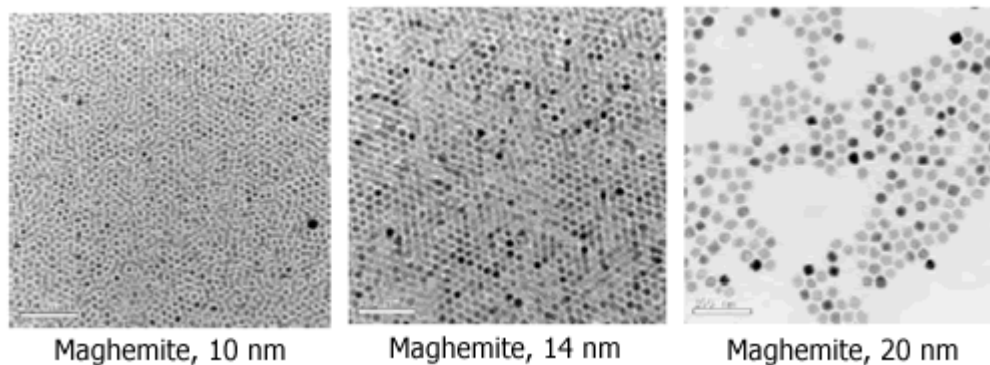


Figura 1. Imágenes de TEM de nano-partículas de maghemita

### 3. Actuaciones a desarrollar en España en el plazo 2008-2011

En un área horizontal de actividad, tanto científica como de innovación, desarrollo y producción, y en un mercado globalizado, las acciones a desarrollar deben forzosamente estar vinculadas a directrices que trascienden el Estado Español. En este sentido, la Comisión Europea ha financiado el Proyecto NanoRoadMap, <http://www.nanoroadmap.it>, con el fin de elaborar *hojas de ruta* para desarrollos nanotecnológicos en tres áreas diferentes: Materiales, Energía y Salud y Sistemas Médicos. Los resultados están abiertos a cualquier Organismo Europeo interesado en planificar estrategias de I+D que incluyan las mencionadas áreas. Esto incluye a la propia Comisión Europea en la preparación y desarrollo de contenidos del VII Programa Marco.

De forma sumaria, las directrices que se proponen son las siguientes:

#### ➤ Materiales nanoestructurados

Cerámicas nanoestructuradas como bio-implantes; imanes permanentes de alta temperatura para motores de aviones; materiales ferromagnéticos para aplicaciones como imanes blandos, almacenamiento de la información, válvulas de espín magnetoresistivas, refrigeración; Mg y Ti nanocristalino como catalizadores para automoción basada en hidrógeno; zeolitas nanoporosas y materiales metalorgánicos para almacenamiento de hidrógeno; sensores y actuadores basados en MEMS y NEMS.

#### ➤ Nanopartículas y Nanopolvos

Las actuaciones a desarrollar se orientan en seis campos diferentes

- Energía, células solares basadas en TiO<sub>2</sub>, almacenamiento de hidrógeno con hidruros metálicos, mejora de electrodos para pilas;
- Biomédico, liberación de fármacos por inhalación particularmente insulina, crecimientos óseos, tratamientos anticáncer, recubrimientos para implantes, agentes de contraste para diagnóstico por imagen;

- Ingeniería, herramientas de corte, liberación controlada de herbicidas y pesticidas, sensores químicos, tamices moleculares, polímeros compuestos reforzados, aditivos para lubricantes, pigmentos, vidrios autolimpiables basados en TiO<sub>2</sub>, tintas magnéticas y conductoras;
- Artículos de consumo, materiales para el deporte, recubrimiento de vidrios, textiles repelentes de agua y de suciedad;
- Medio ambiente, tratamiento de aguas basados en fibras de alúmina y en procesos fotocatalíticos de TiO<sub>2</sub>, recubrimientos autolimpiantes, recubrimientos antirreflectantes, cerámicas y azulejos;
- Electrónica, partículas magnéticas para memorias de alta densidad, partículas magnéticas para apantallamientos EMI, circuitos electrónicos NRAM mediante Cu y Al, ferrofluidos, pantallas con dispositivos de emisión basados en óxidos conductores.

#### ➤ Nanocápsulas

Liberación de fármacos, industria de la alimentación, cosméticos, tratamiento de aguas residuales, componentes de adhesivos, aditivos aromáticos en tejidos, fluidos magnéticos.

#### ➤ Materiales nanoporosos

Membranas con control de poro a nivel atómico, catalizadores como reductores de emisión de contaminantes, catalizadores como elementos de auto-diagnóstico y auto-reparación en materiales, aislantes, aplicaciones medioambientales para reducción de emisiones, purificación de aguas, eliminación de contaminantes, atrapado y eliminación de metales pesados, producción de nanopartículas estructuradas, células solares orgánicas, supercondensadores para almacenamiento de energía, almacenamiento de gases (hidrógeno, metano, acetileno), ingeniería de tejidos para aplicaciones médicas, liberación controlada de fármacos, bioimplantes.

#### ➤ Nanofibras

Filtros, tejidos, cosméticos, esterilización, separaciones biológicas, ingeniería de tejidos, biosensores, órganos artificiales, implantes, liberación controlada de fármacos.


#### ➤ Fullerenos

Lubricantes, reforzado de polímeros y fibras textiles, catalizadores, electrodos para células solares, dispositivos fotónicos, baterías de Li de larga duración.

#### ➤ Nanotubos de carbono

Polímeros conductores, polímeros y cerámicas altamente tenaces, apantallamientos electromagnéticos, electrodos para baterías, componentes para





membranas y células solares, FEDs, nano-osciladores en los giga-hertz, puntas nanoscópicas, músculos artificiales.

➤ **Nanohilos**

Manipulación de elementos biológicos en campos magnéticos, FETs, sensores, detectores, LEDs, almacenamiento de datos de alta densidad, nanodispositivos opto-electrónicos.

➤ **Dendrímeros**

Células artificiales, liberación controlada y dirigida de fármacos, agentes de contraste, toners para impresoras por laser, sensores para diagnóstico, detectores, electrónica molecular, agentes descontaminadores y de filtración particularmente de iones metálicos, adhesivos, lubricantes y baterías en la nanoescala.

➤ **Electrónica molecular**

Aunque la mayoría de las innovaciones aparecidas en los últimos 15 años en los laboratorios no han superado las exigencias de los entornos industriales, la tendencia incremental de costos que suponen las mejoras de las tecnologías existentes, hacen cada vez más atractivas y económicamente factibles la búsqueda de nuevas aproximaciones moleculares a la electrónica. Entre ellas, transistores, conmutadores y rectificadores moleculares, con un objetivo de 1012 bits/cm<sup>2</sup>, tiempos de conmutación en los pico-segundos y 10 meV de consumo de energía por ciclo; desarrollo de hilos moleculares; conmutación electromecánica basada en la deformación controlada de una molécula o su reorientación como alternativa a mover los electrones moleculares.

➤ **Quantum dots**

La mayoría de las directrices propuestas incluyen el anclaje de QDs a superficies moleculares o su inserción en líquidos, geles o matrices sólidas. En particular, láseres semiconductores basados en emisión de fotones por pozos cuánticos, fotosensores para la optimización de células solares adaptándolas al espectro solar aumentando la captura de luz, transistores monoelectrónicos, computación cuántica, puertas lógicas, elementos de memoria y grabación, elementos para etiquetado biológico, elementos para diagnóstico médico, LEDs, elementos para células solares reemplazando tintes orgánicos.

➤ **Láminas delgadas**

Aparte de numerosos desarrollos basados en silicio amorfo que ya están en el mercado aunque todavía requieren investigación, como miniaturización de células solares fotovoltaicas, hay interés en desarrollos basados en Si policristalino para papel electrónico, pieles artificiales, telas y ropas inteligentes, MEMS tanto para sensores como para actuadores y estructuras pasivas, actuadores térmicos, TFTs, electrónica flexible para células solares y circuitos integrados; láminas sensibles al espectro de luz para cubrimiento de cristales y ventanas (p. ej., termocrómicos, fotocromicos, electrocromicos), aplicaciones termo-eléctricas tendentes a reducir la conductividad térmica manteniendo una

alta conductividad eléctrica para generadores de potencia, sensores o electroválvulas; recubrimientos funcionales en automoción y aeronáutica.

#### 4. Publicaciones más relevantes en el área (2004-2007)

Entre 2004 y 2007 se han publicado 1046 artículos firmados por autores españoles que han recibido 4119 citas con un "índice-h" de 24. En la figura 2 se muestra el incremento de publicaciones y citas por año. Las 15 publicaciones que contienen los términos nano\* y mater\* y que han sido publicadas en este período por autores españoles y han recibido más citas por otros autores son, según el ISI Web of Knowledge, las siguientes:

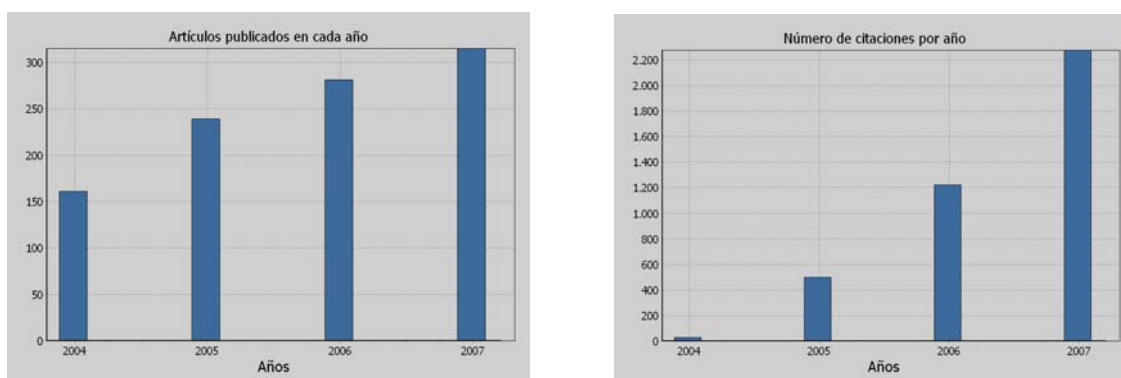



Figura 2. Publicaciones españolas entre 2004 – 2007 y número de citas de las mismas (fuente Web of Knowledge)

1. Perez-Juste J., Pastoriza-Santos I., Liz-Marzan L. M., et al., "Gold nanorods: Synthesis, characterization and applications", *Coord. Chem. Rev.* 249, 1870-1901 (2005).
2. Nogues J., Sort J., Langlais V., et al. "Exchange bias in nanostructures", *Phys. Rep.-Rev. Sect. Phys. Lett.*, 422, 65-117 (2005).
3. Maspoch D., Ruiz-Molina D., Veciana J., "Magnetic nanoporous coordination polymers", *J. Mater. Chem.*14, 2713-2723 (2004).
4. Perez-Juste J., Liz-Marzan L. M., Carnie S, et al. "Electric-field-directed growth of gold nanorods in aqueous surfactant solutions", *Adv. Funct. Mater.* 14, 571-579 (2004).
5. Liz-Marzan LM., "Tailoring surface plasmons through the morphology and assembly of metal nanoparticles", *Langmuir*, 22, 32-41 (2006).
6. Lopez N., Norskov J. K., Janssens T. V. W., et al., "The adhesion and shape of nanosized Au particles in a Au/TiO<sub>2</sub> catalyst", *J. Catalysis* 225, 86-94 (2004).
7. Casas-Vazquez J., Jou D., "Temperature in non-equilibrium states: a review of open problems and current proposals", *Rep. Progr. Phys.* 66, 1937-2023, (2003).

- 
8. Dubbeldam D., Calero S., Vlught T. J. H., et al., "United atom force field for alkanes in nanoporous materials", *J. Phys. Chem. B* 108, 12301-12313, (2004).
  9. Corma A., Atienzar P., Garcia H., et al. "Hierarchically mesostructured doped CeO<sub>2</sub> with potential for solar-cell use", *Nature Mater.* 3, 394-397 (2004).
  10. Merkoci A., Pumera M., Llopis X., et al. "New materials for electrochemical sensing VI: Carbon nanotubes" *Trac-Trends in Analytical Chemistry*, 24, 826-838 (2004).
  11. Fuertes A. B., "Synthesis of ordered nanoporous carbons of tunable mesopore size by templating SBA-15 silica materials", *Microporous Mesoporous Mat.*, 67, 273-281, (2004).
  12. Rocha A. R., Garcia-Suarez V. M., Bailey S., et al., "Spin and molecular electronics in atomically generated orbital landscapes", *Phys. Rev. B*, 73, 085414, (2006).
  13. Emmerlich J., Hogberg H., Sasvari S., et al., "Growth of Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub> thin films by elemental target magnetron sputtering", *J. Appl. Phys.*, 96, 4817-4826, (2004).
  14. Fuertes A. B., Pico F., Rojo J. M., "Influence of pore structure on electric double-layer capacitance of template mesoporous carbons", *J. Power Sources*, 133, 329-336, (2004).
  15. Pueyo M., Lopez-Sanchez J. F., Rauret G., "Assessment of CaCl<sub>2</sub>, NaNO<sub>3</sub> and NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> extraction procedures for the study of Cd, Cu, Pb and Zn extractability in contaminated soils", *Anal. Chim. Acta*, 504, 217-226, (2004).

## 5. Proyectos

En los últimos 4 años se han aprobado en España diversos proyectos de I+D+i, enmarcados en la iniciativa Ingenio 2010, destinados a fomentar la cooperación público-privada en I+D+i y que pueden agruparse en cuatro grandes programas que difieren en sus enfoques y temáticas. En todos ellos aparecen proyectos de I+D+i que se enmarcan, aunque sea parcialmente, en el campo de los Nanomateriales. Los proyectos más relevantes y sus investigadores principales son los siguientes.


### **Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología**

- J. C. Rodríguez-Cabello, "Nanoestructuras Autoensambladas de Copolímeros en Bloque Protéicos obtenidos mediante Ingeniería Genética".
- C. J. Serna, "Síntesis y Funcionalización de Nanopartículas Magnéticas".
- J. Ruiz-Cabello, "Aplicaciones en Resonancia Magnética Nuclear de Nanopartículas Magnéticas".
- S. Mañes, "Uso de Nanopartículas Magnéticas Cargadas con Citoquinas y Quimioquinas para la Inmunoterapia del Cancer".



- J. Rodríguez-López, "Diseño y Síntesis de Estructuras Dendríticas para Aplicación en Nanofotónica".
- R. Miranda, "Actividad Química, Catálisis y Quiralidad de Monocapas Autoensambladas: un Modelo de Centros Activos Metaloenzimáticos".
- A. Echavarren, "Diseño de Nuevos Modelos de Metaloenzimas derivados de Porphirinas".
- S. Penades, "Gliconanopartículas Magnéticas Biofuncionales con Aplicación en Biomedicina".
- M. Luna, "Estudio de Interacciones Intermoleculares Mediante Nanopartículas Magnéticas Biofuncionales: Desarrollo de Técnicas Dinámicas de AFM en Líquidos y de Biosensores Opto-Magnéticos".
- X. Obradors, "Nanocomposites Superconductores y Magnéticos por vía Química".
- M.A. Lopez-Quintela, "Síntesis y Autoorganización de Nanopartículas mediante Copolímeros de Bloque Funcionalizados".
- I. Pastoriza, "Preparación y Caracterización Óptica de Redes de Nanopartículas Organizadas".
- J. Veciana, "Nanofar-Preparación de Materiales Nanoestructurados Bioactivos Utilizando Fluidos Comprimitos".
- E. Giralt, "Nanofar-Utilización de Péptidos para la Vectorización Intracelular de Nanopartículas".
- M. Blanco-Prieto, "Nanofar-Utilización de Péptidos para la Vectorización Intracelular de Nanopartículas".
- M. Gómez-Rodríguez, "Nanocompuestos y Sistemas Multicomponentes de Matriz Polimérica: Investigación Superficial y Morfológica y Correlación con el Comportamiento en Estado Sólido".
- F. Zamora, "Química de Hilos Moleculares".
- A. Sánchez-Barreiro, "Diseño de Nanopartículas Poliméricas como Vectores Sintéticos en Terapia Génica y Aplicación a la Liberación Intracelular de RNA Interferente".
- R. Riguera, "Diseño y Síntesis de Nuevos Biopolímeros como Vectores en Terapia Génica: Aplicación a la Liberación Intracelular de siRNA".
- E. Rodríguez, "Desarrollo de Materiales Nanoporosos para Catálisis Medioambiental: Reducción Catalítica Selectiva de NO".



- 
- J. M. López Nieto, "Desarrollo de Materiales Nanoporosos para Catálisis Medioambiental: Oxidación Selectiva de Sulfuro de Hidrogeno a Azufre".
  - A. Sepúlveda, "Desarrollo de Materiales Nanoporosos para Catálisis Medioambiental".
  - M. J. Esplandiú, "Sistemas Sensores y Electrodo Basados en Nanotubos de Carbono: Aplicaciones en Biotecnología Clínica y Análisis de Alimentos".
  - F. X. Rius, "Aplicaciones Medioambientales Basadas en Biosensores de Anticuerpos, Receptores Celulares y Aptámeros".
  - D. S. Levy, "Preparación vía Sol-Gel de Recubrimientos con Actividad Óptica basados en Dispersiones de Nanopartículas Fluorescentes o Quantum Dots".
  - R. Moliner, "Nanofibras de Grafito como Soporte de Electrocatalizadores para su uso en Pilas de Combustible de Electrolito Polimérico de Altas Prestaciones".
  - P. Cabot, "Caracterización Estructural y Electroquímica de Catalizadores de Pt y de Pt/Ru de Pilas de Combustible de Electrolito Polimérico".
  - E. Pastor, "Síntesis y Caracterización Espectroelectroquímica de Catalizadores Nanoparticulados para Celdas de Combustible de Electrolito Polimérico".
  - A. Aldaz, "Síntesis, Caracterización y Aplicaciones de Nanopartículas Metálicas como Catalizadores en Pilas de Combustible".
  - I. Obieta, "Nanocomposites Poliméricos para Sensorización de Gases en Aplicaciones Medioambientales y Producción Energética".
  - J. Samitier, "Desarrollo de Plataformas Nanobioanalíticas Basadas en Reconocimiento Molecular Mediante Detección Óptica y/o Electrónica".
  - M.P. Marco, "Desarrollo de Plataformas Nanobioanalíticas Basadas en Reconocimiento Molecular Mediante Detección Óptica y/o Electrónica".
  - M. T. Martínez Fernández de Landa, "Desarrollo de Plataformas Nanobioanalíticas Basadas en Reconocimiento Molecular Mediante Detección Óptica y/o Electrónica".

#### **Proyectos Cénit**

- "Desarrollo de nuevo conocimiento y tecnología inteligente en materiales orgánicos y cerámicos en el ámbito de una edificación sostenible" (PROMETEO). Acciona Infraestructura, S.A.
- "Desarrollo de plataformas tecnológicas comunes dirigidas a la identificación de candidatos a desarrollo preclínico en varias áreas terapéuticas" (FHARMA). Genius Pharma, A.I.E. GENIUS.

- "Nueva generación de materiales, guarnecidos, revestimientos y sus procesos de transformación para el interior del automóvil" (REVELACION). Grupo Antolin Ing., S.A. 4) "Abordaje integral de cuatro tipos de cáncer de alta prevalencia y/o malignidad" (ONCNOSIS). Oncnosis Pharma, A.I.E.
- "Desarrollo de Sistemas de Liberación de Fármacos específicos para vía oral y parenteral con incorporación de nuevas tecnologías basadas en la nanotecnología" (NANOFARMA). Pharmamar, S.A.

### Acciones CIBER

La acción más importante de este tipo es el Centro de Investigación Nacional en Red en Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN).

### Proyectos Consolider

Nanomateriales entra en estos proyectos como un campo horizontal en el sentido de que proyectos propuestos en diversas áreas, como Ciencias de la Vida, Química, Tecnología Química y Ciencias de la Tierra, o Física, Ingeniería y Electrónica, están centrados en este campo si bien no aparece explícitamente como área.

### Proyectos Europeos

En el periodo 2004-2007 y dentro de muchas de las prioridades temáticas del VI Programa Marco de la UE fueron seleccionados muchos Proyectos de Investigación, tanto de tipo STREP como Proyectos Integrados, Redes de Excelencia y Redes Marie-Curie, en los que participan grupos de investigación españoles. La lista de esos grupos sería muy extensa y por ello no se ha creído conveniente transcribirla aquí en su totalidad pudiéndose obtener en la siguiente dirección electrónica:

<http://cordis.europa.eu/improving/home.html>

## 6. Infraestructura necesaria para cumplir objetivos (2008-2011)

Hay dos tipos de infraestructuras bien diferenciadas en Nanomateriales, según se llegue a éstos mediante técnicas *top-down* o *bottom-up*, y un tercer tipo de interés común. Respecto de las primeras, se trata de instrumentación generalmente muy costosa y que exige equipos de apoyo técnico altamente especializados y cualificados. Dada su incidencia en Nanoelectrónica, los pormenores se describen en el capítulo correspondiente a ése área. Cabe decir aquí que en los últimos años se han venido desarrollando una serie de infraestructuras de este tipo en el país estando el proceso todavía en vías de consolidación de equipos, tanto instrumental como humano. La toma de decisiones sobre nuevas infraestructuras para desarrollo de materiales mediante técnicas *top-down* debería valorar las ya existentes y prestar tanta atención a la adquisición del equipamiento como a la contratación y entrenamiento del equipo humano necesario para mantenerlo.

La infraestructura que se suele emplear en el desarrollo de materiales mediante técnicas *bottom-up* es de tipo medio/pequeño, en general poco costoso, muy diversificado y muy relacionado con el requerido en el área de Nanoquímica. En general se trata de equipamiento que es necesario tenerlo *a pie de laboratorio* por lo que es importante disponer de mecanismos de acceso a la compra de los mismos de manera ágil y eficaz. Solo consiguiendo adquisiciones muy rápidas permitirá conseguir



aumentar la competitividad internacional de nuestros grupos y con ello incrementar la eficacia de las inversiones en infraestructuras.

Finalmente, hay un complejo entramado de técnicas de caracterización que interesan a todos grupos activos en el desarrollo de *Nanomateriales*. Se trata de técnicas de caracterización, tanto estructural como de las diversas funcionalidades del material. Dejando aparte las grandes infraestructuras, técnicas de neutrones, sincrotrón, ultra-alta microscopía, etc. que requieren el desarrollo de instalaciones excepcionales o el acceso a las mismas dentro de un plano internacional, las demás deberían formar parte de un conglomerado de Servicios Técnicos de Universidades o de Centros de Investigación, con equipos técnicos adecuados y bien dotados del equipamiento accesorio necesario, p. ej., preparación de muestras, condiciones ambientales, etc.

## 7. Grupos más relevantes

Algunos de los grupos españoles más relevantes que trabajan en este campo de investigación son:

- Corma, V. Fornés y J. M. López Nieto (ITQ, CSIC);
- E. Coronado (ICM, Valencia); R. Eritja (IBMB, Barcelona, CSIC);
- J. Rivas, M. López Quintela y R. Riguera Vega (U. Santiago de Compostela);
- F. Palacio (ICMA, CSIC);
- E. Ruiz-Hitzky, C.J. Serna, J. Ruiz-Cabello y D.S. Levy-Cohen (ICMM, CSIC);
- E. Giralt, J. Samitier y P. Cabot (U. Barcelona);
- Solans y M. P. Marco (IIQAB, CSIC);
- R. Miranda, T. Torres y M. Luna Estévez (UAM);
- J. Veciana y X. Obradors (ICMAB, CSIC);
- N. Martín (U Complutense Madrid);
- R. Martínez-Mañez (U. Politec. Valencia);
- J. Nogues y M. J. Esplandiú (UAB);
- L. M. Liz-Marzán (U. Vigo);
- J. Bisquert (U. Jaume I);
- M. A. Pericás y A. Echevarren (ICIQ);
- J. M. García-Ruiz (CSIC Granada);
- M. T. Martínez-Fernández de Landa y R. Moliner Álvarez (ICQ, CSIC);
- Obieta Vilallonga (U Navarra);
- E. Pastor Tejera (U. La Laguna);
- J. C. Rodríguez-Cabello (U. Valladolid);
- M. Gómez-Rodríguez (UPV/EHU);
- S. Mañes Brotón (CNB, CSIC);
- Rodríguez-López (U. Salamanca);
- Aldaz y A. Sepúlveda-Escribano (U. Alicante);
- F. X. Rius (U. Rovira i Virgili);
- S. Penades (BioGune), J. L. Serrano, R. Ibarra, J. Santamaría (U. Zaragoza).

Existen otros grupos españoles destacados cuya relación puede encontrarse en la dirección: <http://www.nanospain.org/members.php>

## 8. Iniciativas más relevantes (Plataformas tecnológicas, etc.)

En los últimos años se han creado en Europa, a iniciativa de diversos consorcios industriales e instituciones académicas y gubernamentales, más de 20 Plataformas Tecnológicas Europeas (ETP's) sectoriales cuya misión principal es la de aglutinar a los principales actores Europeos de la investigación, la industria y la administración, con el fin de impulsar una estrategia común en su campo de trabajo. De esta manera las ETPs se constituyen en los motores de la innovación y la investigación en sus respectivos sectores promoviendo las prospecciones y estudios así como la difusión de actividades y de investigaciones sobre problemas de actualidad. En la dirección [http://cordis.europa.eu/technology-platforms/home\\_en.html](http://cordis.europa.eu/technology-platforms/home_en.html) se puede encontrar una información detallada de las mismas, y en [http://cordis.europa.eu/technology-platforms/individual\\_en.html](http://cordis.europa.eu/technology-platforms/individual_en.html) se dan los accesos a cada una de ellas.

La mayoría de ellas tienen intereses en los Nanomateriales, y algunas, como European Nanoelectronics Initiative Advisory Council – ENIAC, <http://cordis.europa.eu/ist/eniac/home.html>, y como Nanotechnologies for Medical Applications NanoMedicine, <http://cordis.europa.eu/nanotechnology/nanomedicine.htm> que están explícitamente dedicadas al área.

Algunas de las Plataformas Tecnológicas Europeas antes mencionadas tienen plataformas espejo en España que desempeñan actividades semejantes pero a nivel nacional. Entre las más activas cabe mencionar la Plataforma Tecnológica Española de Química Sostenible, PTEQUS, <http://www.pteq-sostenible.org/>, la Plataforma Española de Nanomedicina, NanoMed, <http://www.nanomedspain.net/>, y la Plataforma Tecnológica Española Fotovoltaica, <http://www.ptfv.org>.

## 9. Conclusiones

Se puede concluir que en España hay grupos preparados y competitivos dentro de un plano global si bien, salvo excepciones, todavía se está lejos de posiciones de liderazgo o de ser referencias mundiales en temas concretos. Se requieren mejores dotaciones, tanto en equipamiento como, sobre todo, en equipo humano de apoyo altamente cualificado y con buenos programas de formación continuada. Todavía existe una enorme carga burocrática en los investigadores responsables de proyectos que podría ser llevada a cabo por personal de apoyo bien preparado. La toma de decisiones para la financiación de equipos y dotación de Centros de investigación debe hacerse en términos de excelencia y productividad que valoren la transferencia de tecnología y creación de riqueza, y con capacidad de reconocer y apoyar grupos emergentes de especial valía.

