

INVESTIGA I+D+i 2014/2015

GUÍA ESPECÍFICA DE TRABAJO SOBRE "NANOTECNOLOGÍA PARA LLEVAR PUESTA"

Texto de D. Pedro Serena

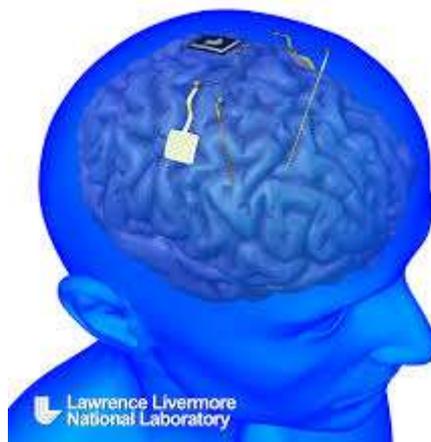
Octubre de 2015



(Fuente:

http://smarteconomy.typepad.com/smart_economy/images/828lluma366x550.jpg y

<http://www.nano-nik.com/images/products/cosmetics.jpg>)



(Fuente: <https://www.llnl.gov/news/newsreleases/2014/Jun/NR-14-06-03.html#.VCKjK1fm41I>)

Introducción

En las anteriores ediciones del Programa Investiga I+D+i (<http://www.programainvestiga.org/>) la temática que engloba a la nanociencia, la nanotecnología y los nuevos materiales ha sido considerada como una de las cinco líneas estratégicas de dicho Programa. Esta elección no es casualidad ya que desde hace más de una década se ha ido configurando como un tema clave en la investigación de los países más desarrollados del mundo. Ahora mismo la nanotecnología es una de las seis temáticas de investigación definidas en el Programa Horizonte 2020 de la Unión Europea, dentro de la estrategia de reforzar su Liderazgo Industrial a nivel mundial. Es cierto que la nanotecnología es una temática muy amplia y de carácter transversal, por lo que en cada edición del Programa Investiga I+D+I se ha centrado en un aspecto diferente: la nanotecnología en general, la nanotecnología y su aplicación en los deportes, el impacto de la nanotecnología en agricultura, alimentación y cosmética, los nano-robots y, en la última edición, el fascinante y versátil grafeno.

Este documento propone un aspecto de la nanotecnología que permite extender o completar las temáticas que se han ido tratando en las anteriores ediciones: "la nanotecnología que llevamos puesta". La elección de este tema tiene como finalidad lograr que los participantes se adentren en el fascinante mundo de la nanotecnología, identificando sus peculiaridades, mostrando su enorme potencial para generar nuevos materiales y dispositivos que, sin duda, está propiciando una verdadera revolución económica y social. Además se quiere mostrar que la nanotecnología no es un elemento más para ser usado como argumento de novelas de ciencia-ficción sino que muchas de sus aplicaciones son reales y las podemos encontrar en las tiendas y supermercados.

Otro objetivo no menos importante es mostrar la posible existencia de riesgos para la salud y el medioambiente, derivados de ciertos nanomateriales, y cómo se está abordando este problema para lograr que la nanotecnología no sea percibida como una amenaza por la sociedad, frenando así expectativas sobre su desarrollo.

En resumen, se trata de aprovechar la fascinación que produce lo diminuto para fomentar la curiosidad por la ciencia, aumentar los conocimientos sobre las tecnologías que nos van a rodear a medio-largo plazo, y fomentar el espíritu crítico de los participantes, que serán los ciudadanos del futuro de nuestro país, algunos como consumidores y usuarios, otros como emprendedores y, los menos, como líderes políticos.

En la segunda sección de este documento se repasan los principales aspectos que caracterizan a la nanotecnología. La tercera sección se dedica a esbozar varias ideas sobre el tema planteado en esta edición del Programa Investiga I+D+I. La cuarta sección plantea una serie de preguntas y temas particulares que pueden utilizarse para ser debatidos en las aulas y participar en el Foro abierto del Programa Investiga I+D+I. Las ideas que se intercambien entre los participantes serán la semilla de los trabajos que los alumnos desarrollarán más adelante. Se termina este documento con un pequeño conjunto de referencias que pueden ser útiles para zambullirse en el tema de la nanociencia y la nanotecnología.

Nanociencia y Nanotecnología: aspectos claves.

¿Qué es la "nanociencia"? De forma sencilla, se puede definir la "nanociencia" como la acumulación estructurada de conocimientos interconectados que permiten entender cómo funciona la naturaleza cuando es observada a una escala diminuta, la denominada "nanoescala", es decir, cuando se observan objetos con un tamaño de unos cuantos nanómetros y se estudian sus propiedades. Por cierto un nanómetro es una unidad de longitud realmente pequeña: 1 nanómetro equivale a 0,001 micrómetros o micras, a 0,000001 milímetros, o a 0,000000001 metros. Se puede escribir la misma cadena de equivalencias usando notación científica: $1 \text{ nm} = 10^{-3} \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ mm} = 10^{-9} \text{ m}$. Es evidente que el prefijo "nano" (del griego "nanos", diminuto) se utiliza para referirse a las cosas muy, pero que muy, pequeñas.

Por su parte la "nanotecnología" va más allá de la nanociencia, y pretende convertir los conocimientos básicos que la ésta nos proporciona en relación con las nuevas propiedades de los materiales

para mejorar los bienes y los productos actuales o proponer otros radicalmente nuevos. De esta forma queda claro que la nanotecnología tiene que ver esencialmente con la aplicación del conocimiento que surge de la nanociencia. La generación del conocimiento requiere grandes inversiones, que pueden retornar como beneficios, si dicho conocimiento se pone en marcha. La generación del conocimiento se desarrolla fundamentalmente en universidades y centros de investigación, mientras que la aplicación del conocimiento se deberá desarrollar en centros tecnológicos y empresas.

Muchas veces se piensa que la nanociencia y la nanotecnología son términos modernos o casi futuristas, con los que nos encontramos de bruce en comics, películas, novelas o series de televisión. Sin embargo, no son tan novedosos ya que las investigaciones en nanociencia llevan fraguándose en los laboratorios de investigación durante casi cincuenta años. Ya en el año 1959, el Premio Nobel de Física Richard Feynman anticipó muchos de los conceptos e instrumentos que se manejan actualmente en esta fascinante disciplina. Sin embargo, es cierto que ha sido durante los últimos 15-20 años cuando la nanociencia y la nanotecnología han experimentado un espectacular impulso por parte de gobiernos, instituciones y empresas, que se han percatado de sus enormes posibilidades. A modo de ejemplo mencionaré que la primera iniciativa de grandes dimensiones para fomentar la nanotecnología se puso en marcha en los EE.UU. y se denominó la National Nanotechnology Initiative (<http://www.nano.gov/>). Este interés se ha plasmado en enormes inversiones con las que se han puesto en marcha nuevos laboratorios, se han formado científicos e ingenieros expertos en estas temáticas, se han realizado prototipos y demostradores, etc. Dado que el término "nanotecnología" es el que

más ha impactado en los medios de comunicación y en la sociedad, a partir de este momento será el que se use en este documento tanto para referirse a los aspectos básicos como más aplicados.

La nanoescala, que también suele denominarse "nanomundo", es un escenario habitado por diferentes tipos de "nanoobjetos" y "nanoestructuras", entre los que podemos incluir átomos, moléculas, nanopartículas, nanotubos de carbono, el grafeno, nanohilos metálicos y semiconductores, cadenas de ADN, proteínas, ribosomas, virus, etc. Esta "nanofauna" es interesante porque manifiesta una serie de fenómenos que no se pondrían de manifiesto si su tamaño fuese mucho mayor. Esto es lo que da a todo lo "nano" un gran valor añadido con respecto a los "micro" o lo "macro" y por eso se dice que lo "nano" es diferente. ¿Para qué se iba a tener interés en lo pequeño, desde un punto de vista tecnológico, si no tuviese un elevado valor añadido?

Pero ¿por qué aparecen estas nuevas propiedades? Hay varias razones. Por un lado se sabe que los átomos de las superficies se comportan de una forma diferente a la de los átomos que se encuentran en el interior del objeto, ya que unos y otros tienen diferentes entornos. A medida que un objeto se hace más y más pequeño se observa como la proporción de átomos de la superficie aumenta más y más. Por ejemplo en una nanopartícula de 100 nm de diámetro, un 1-2% de sus átomos están en la superficie, mientras que en una nanopartícula de 3 nm ese porcentaje crece hasta aproximadamente el 60%. Se puede decir que la nanopartícula de 3 nm es más superficie que volumen. Por lo tanto, a medida que un objeto se hace más pequeño el peso de las propiedades de la

superficie empieza a ser más y más importante y el papel de los átomos del interior es menos relevante.

Sin embargo no sólo se trata de la importancia de las superficies, sino que, además, a medida que el tamaño de los objetos se hace más y más pequeño, aparecen otros fenómenos que sólo la intrigante Mecánica Cuántica puede explicar. La Mecánica Cuántica deben entenderse como el "manual de leyes y reglas" que los científicos han escrito para entender la naturaleza, reglas y leyes que explican cómo se forman las moléculas y otros objetos más y más complejos, y cómo estos objetos reaccionan frente a deformaciones mecánicas, campos eléctricos, campos magnéticos o la luz. Pero no hay que alarmarse ya que los participantes del Programa Investiga IDI no van a tener que estudiar los fundamentos de esta apasionante disciplina. Por ahora deben saber que en los nanoobjetos aparecen una serie de efectos "cuánticos" que les proporcionan interesantes propiedades. Por ejemplo, los efectos cuánticos hacen que los electrones que se mueven dentro de una nanopartícula únicamente puedan poseer ciertas energías, que llamamos niveles permitidos de energía. Además, a medida que el nanoobjeto se hace pequeño los valores permitidos para estas energías van cambiando. Como consecuencia muchas propiedades eléctricas, magnéticas u ópticas, que dependen de estos niveles de energía, también se modifican a medida que cambia el tamaño del objeto.

Los efectos que se han mencionado anteriormente se denominan "efectos de tamaño" y resultan bastante perturbadores, ya que para cada tamaño y forma que de un nanoobjeto éste muestra propiedades diferentes. Esto, que parece un descontrol, en realidad es la gran fuerza de la nanotecnología: si se controla el tamaño y la

forma de un nanoobjeto, se pueden controlar sus propiedades y entonces estaremos en condiciones de sacar más provecho de ellas. La idea es fascinante. Por eso, el objetivo último de la nanotecnología es controlar, mediante metodologías físicas y químicas, la forma, tamaño y orden interno de los nanoobjetos y nanoestructuras para modificar a voluntad sus propiedades. Por ejemplo, controlando el tamaño y forma de los nanoobjetos se puede modificar su conductividad eléctrica, su color, su reactividad química, su elasticidad, etc. Se dice que podemos fabricar "materiales a medida" o que podemos "sintonizar" (o "*tunear*" en argot más juvenil) las propiedades de los materiales a nuestra voluntad. Este control de la materia a escala nanométrica se está mejorando continuamente gracias a poderosas herramientas físicas y novedosas reacciones químicas, que permiten fabricar nanodispositivos y sintetizar nanomateriales. Además, sofisticados instrumentos nos permiten observar lo que ocurre en el nanomundo. Entre estos instrumentos podemos destacar los nuevos microscopios electrónicos de transmisión, el microscopio de efecto túnel (STM), el microscopio de fuerzas atómicas (AFM) o los poderosos microscopios electrónicos de última generación. Estas herramientas permiten la observación e incluso, en algunos casos, la manipulación directa de átomos y moléculas. Desde hace casi 25 años, el ser humano ya sabe cómo manipular los átomos, uno a uno, para realizar pequeñas estructuras artificiales. ¡La nanotecnología se ha hecho mayor delante de nuestras narices y se puede decir que en breve entrará en su madurez!

Las ideas y herramientas que se usan en nanotecnología evolucionan de manera imparable gracias a las aportaciones que realizan biólogos, químicos, físicos, ingenieros, matemáticos y médicos. La nanotecnología es un campo absolutamente multidisciplinar, abierto

en muchos frentes. Esto es así porque los componentes de la materia, átomos y moléculas, son los mismos para todas estas especialidades científicas. En la nanoescala todos usamos los mismos "ladrillos" fundamentales: átomos y moléculas. A dicha fusión de disciplinas se le denomina "convergencia tecnológica". La nanotecnología es un gran proceso de convergencia, que actualmente se sigue fraguando. Por otro lado no se debe olvidar que la biología juega un papel clave dentro de la nanotecnología, ya que la vida en sí misma es nanotecnología pura. No hace falta más que observar el interior de una célula para darse cuenta que realiza todas sus funciones gracias a "máquinas nanométricas", que funcionan a la perfección gracias a larguísimo proceso evolutivo. Además, la biología nos presenta ante nuestros ojos un gran arsenal de soluciones y estrategias que nos permiten resolver problemas concretos. La biología es una inagotable fuente de "bioinspiración" que puede aportar soluciones a problemas que se presentan en otras áreas como la ciencia de materiales o la química.

Para terminar esta larga introducción no se debe olvidar mencionar que los "nanoproductos" concebidos a partir de la nanotecnología están invadiendo poco a poco la totalidad de los sectores económicos: materiales, electrónica, informática y comunicaciones, energía y medioambiente, transporte, construcción, sector textil, biotecnología, salud, agricultura, alimentación, etc. La nanotecnología ya comienza a ser un gran negocio y se puede afirmar que el futuro será "nano". En este nuevo contexto, es muy importante tener en cuenta los posibles efectos secundarios (generalmente negativos) que pueden tener los avances de la nanotecnología. Estos posibles impactos negativos no son exclusivos de la nanotecnología, todas las tecnologías tienen su cara amable y su lado oscuro: la energía nuclear, las centrales térmicas, los vehículos, los aviones, etc. Es muy

importante estar informados de los pros y los contras de cada tecnología para que, como ciudadanos formados y críticos, podamos conocer las repercusiones de todo tipo que los nanoproductos puedan tener, y así exigir que haya normativa y reglamentación adecuadas que garanticen una fabricación, una comercialización, un consumo y un reciclado seguros tanto para las personas como para el medioambiente.

La nanotecnología que llevamos (y llevaremos) puesta.

La nanotecnología, de carácter transversal y multidisciplinar, proporciona soluciones en la práctica totalidad de sectores económicos: salud, energía, automóvil, espacio, alimentación, cosmética, seguridad, agricultura, etc. La nanotecnología, que se vislumbra como la impulsora de una nueva revolución, se potenciará aún más cuando entre en convergencia con la biotecnología, las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC), y los avances en neurociencias. Es evidente que el ámbito de aplicaciones de lo "nano" es muy extenso y que se requiere poner el foco en algunas de las aplicaciones o en algunos de los nanomateriales que son protagonistas de la nanotecnología. En esta edición del Programa Investiga I+D+I se ha elegido el tema de la "nanotecnología que llevamos puesta". Quizás esta descripción sea un tanto ambigua, pero nos referimos a aquella nanotecnología que va a estar directamente en contacto con nuestro cuerpo, ya sea mediante implantes, a través de los productos que usamos para mejorar nuestro aspectos (cosméticos) o en las prendas con las que nos vestimos. A pesar de haber definido mejor las temáticas en las que se deben presentar los trabajos, son aún muy extensas por lo que los participantes pueden optar por una visión global de las mismas o por seleccionar una y profundizar más en ella. En todos los casos, además de los productos

que ya existen en los mercados, convendrá realizar una incursión imaginativa en los posibles productos que usaremos en el futuro.

En el ámbito de los implantes que permiten mejorar nuestra condición física, se ha avanzado mucho mediante la utilización de nanomateriales en la elaboración de diferentes prótesis permanentes o en sistemas temporales que constituyen andamiajes para la regeneración de tejidos. Los materiales para odontología también se están beneficiando de las mejoras que la nanotecnología está aportando. Además de este tipo de implantes pasivos están aquellos, de carácter activo, que se proponen para tratar ciertas enfermedades degenerativas como el Alzheimer mediante la estimulación eléctrica de ciertas regiones cerebrales. De cara al futuro, los implantes irán incorporando nuevas funciones y quién sabe hasta dónde se podrá llegar. ¿Las gafas o las lentillas incluirán nuevas funciones? ¿Tendremos dispositivos similares a audífonos que podrán realizar traducciones automáticas? ¿Será posible hacer retinas artificiales con las que resolver muchos problemas de visión? ¿Podremos realizar conexiones nerviosas a escala neuronal con el fin de poder tratar casos de paraplejia o tetraplejia? ¿Podremos insertar bancos digitales de memoria en el cerebro?

En cuanto a las aplicaciones relacionadas con la cosmética, la nanotecnología lleva desarrollando durante más de 15 años diferentes nanomateriales que son capaces de liberar de forma controlada sustancias como el colágeno o ciertas vitaminas, con el fin de aumentar localmente su disponibilidad y mejorar la eficiencia del producto. Esta estrategia se ha usado en cremas, jabones, champús, dentífricos, etc. Los nanomateriales (nanopartículas en este caso) también se emplean en protectores solares, gracias a su capacidad de

bloquear parte de la radiación ultravioleta. Existen pinturas de uñas que utilizan nanopartículas magnéticas para formar ferrofluidos que adoptan caprichosas formas en presencia de un campo magnético. Muchos pintalabios y sombras de ojos incluyen nanopartículas que proporcionan vivacidad a los colores y reflejan la luz. Por otro lado hay que tener en cuenta que en ciertas ocasiones el término "nano" se utiliza para dotar a un producto de cierta verosimilitud científica o potenciar su marca. De cara al futuro las posibilidades que abre la nanotecnología en la cosmética son muchas. ¿Podremos diseñar maquillajes inteligentes capaces de cambiar de color en función de la luz ambiental? ¿Se diseñarán jabones, champús, desodorantes de larga duración gracias a la capacidad de dosificar sustancias mediante el uso de nanopartículas? ¿Se podrán usar técnicas de nanotecnología para mejorar las actuales técnicas de fotodepilación?

Finalmente, en relación con las nuevas prendas de vestir, hay que decir que el recorrido que la nanotecnología ha hecho en este terreno ha sido largo y que ya hay mucha experiencia acumulada. Diferentes nanopartículas se han insertado en fibras naturales o sintéticas con el fin de proporcionar al tejido resultante nuevas propiedades. De esta manera se han creado tejidos hidrofóbicos (que repelen el agua, mejorando su impermeabilidad), bactericidas y fungicidas (que eliminan bacterias y hongos logrando que los olores resultante de su actividad no se produzcan), etc. El uso de nanocápsulas rellenas de ciertas sustancias (ceras) permite crear tejidos con un mayor capacidad para mantener la temperatura. Por otro lado la capacidad de integrar LEDs (frutos de la nanotecnología, no lo olvidemos) en las fibras, permite diseñar ropa que muestra imágenes cambiantes. Ya existen prendas que permiten la liberación controlada y dosificada de ciertos productos farmacéuticos. De cara al futuro, muchas de estas funcionalidades se incorporarán a la práctica mayoría de nuestras

prendas de vestir y se incorporarán sensores capaces de detectar la evolución de nuestras constantes vitales. La incorporación de ciertos nanomateriales aumentará la vida de las prendas de vestir y su confort.

Temas para reflexionar, debatir y desarrollar en los trabajos.

Los trabajos que deben desarrollar los participantes de esta edición del Programa Investiga I+D+I deben basarse en indagaciones y consultas en cientos de páginas web y otro tipo de documentos que tratan sobre los aspectos que se han mencionado en la sección anterior. Los trabajos deben tratar aspectos como los que se plantean en esta lista:

- ¿Qué tipo de nanomateriales se están usando ya en el desarrollo de implantes? ¿Qué ventajas tienen? ¿Qué tipo de implantes se benefician de la nanotecnología? ¿Qué proyectos hay para mejorar estos nanomateriales? ¿Qué es un implante inteligente? ¿Dónde se investiga en implantes?
- ¿Qué productos cosméticos contienen nanomateriales y nanopartículas? ¿Qué función desempeñan?
- ¿Qué prendas de vestir contienen nanomateriales? ¿Qué ventajas tienen las prendas de vestir que incluyen nanomateriales? ¿Qué crees que puede aportar la nanotecnología en el sector de la moda?
- ¿Se sabe si estos productos (cosméticos, implantes, textiles) tienen problemas de toxicidad? ¿Hay regulaciones o normas sobre su producción y uso?
- ¿Qué países o qué empresas están liderando la investigación en nanotecnología para su uso en cosmética, productos textiles o implantes? ¿Qué papel juega España?

Evidentemente, además de los anteriores aspectos, los participantes se plantearán nuevas preguntas y nuevas respuestas, que proporcionarán un gran valor añadido a los trabajos. Los trabajos deben reflejar también las opiniones de los autores sobre las informaciones encontradas.

Además de las anteriores indicaciones hay que recordar que es obligado manejar adecuadamente las referencias, citar a los autores, y no usar textos de otros autores como propios.

Referencias y materiales de apoyo

Antes de pasar a enumerar algunas referencias de posible utilidad, hay que mencionar que un buscador en internet encuentra decenas de millones de sitios relacionados con la nanotecnología. En éste como en otros temas lo que sobra es información y, por tanto, se debe ser cauto a la hora de seleccionar las fuentes de información más adecuadas, siendo esta fase de gran importancia para la correcta realización del trabajo de investigación. Las referencias que se muestran están relacionadas con la nanotecnología en general. La búsqueda de referencias más concretas sobre los temas planteados sobnparte del trabajo que debe desarrollar cada alumno participante. Estas referencias son tan solo el punto de partida de un largo camino que durará varios meses. ¡Buena suerte!

- Las guías elaboradas en ediciones pasadas del Programa Investiga IDI para la temática de Nanotecnología, junto a algunas de las presentaciones efectuadas por los alumnos finalistas, se pueden descargar en:

<http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/Guiananociencia.pdf>

<http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/guias2011/GUIANANOTECNOLOGIAPARALAALIMENTACIONYELCONSUMO.pdf>

http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/guias2012/GUIA_NANO-ROBOTS.pdf

<http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/nuevosmaterialesparaeldeporte.ppt>,

<http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/PresentacionNanotecnologia.ppt>,

<http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/LINEA%204%20-%20NANO.ppt>

- "Unidad Didáctica de Nanociencia y Nanotecnología" (J.A. Martín-Gago, E. Casero, C. Briones y P. A. Serena, FECYT, 2008). Disponible de manera gratuita en versión digital en la página web <http://www.fecyt.es> o en la dirección <http://www.oei.es/salactsi/udnano.pdf>
- "¿Qué sabemos de la Nanotecnología?" (P. A. Serena, Editorial La Catarata y el CSIC, Madrid, 2010).
- "El nanomundo en tus manos" (J.A. Martín Gago, C. Briones, E. Casero y Pedro A. Serena, Colección Drakontos, Editorial Crítica, 2014).
- La Universidad Nacional de Educación a Distancia y el CSIC colaboran en la emisión de la serie de TV "¿Qué sabemos de la nanotecnología?". En la actualidad ya han sido emitidos 8 capítulos que se pueden ver en el enlace <https://canal.uned.es/serial/index/id/875>
- La Unión Europea ha puesto en marcha varias iniciativas relacionadas con la divulgación de la Nanotecnología. Una de las más importantes es NANOYOU, donde se pueden encontrar

con recursos en inglés y en español para el profesorado y los alumnos de educación secundaria (<http://nanoyou.eu/>

- Existe un inventario de productos de la Nanotecnología (proyecto PEN) en el que ya se mencionan más de un millar de productos con algún tipo de nanocomponente en su interior. El repositorio está en la página web: <http://www.nanotechproject.org/inventories/> (en inglés).
- La belleza del nanomundo puede observarse en la galería de imágenes finalistas del concurso internacional SMPAGE, coorganizado por el CSIC y la Universidad Autónoma de Madrid (<http://www.icmm.csic.es/spmage>). Estas galerías son de libre uso y pueden usarse para ilustrar trabajos o en clase.
- "Nanotecnología explicada a niños". C. Woodfort. <http://www.explainthatstuff.com/nanotechnologyforkids.html>
- La Red "José Roberto Leite" de Divulgación y Formación en Nanotecnología (NANODYF) posee una interesante página web con muchos documentos (<http://nanodyf.org/publicaciones.php>).
- El diario "El Mundo" tiene una sección completa dedicada a la nanotecnología llena de noticias, artículos y entrevistas. <http://www.elmundo.es/elmundo/nanotecnologia.html>
- En España, una gran parte de los grupos de investigación que trabajan en la temática de la nanotecnología se encuentran agrupados en la Red Española de Nanotecnología (NANOSPAIN) (<http://www.nanospain.org>).