

## La divulgación y la formación de la nanociencia y la nanotecnología en España: un largo camino por delante

PEDRO A. SERENA\*  
JOAQUÍN D. TUTOR\*\*

España ha experimentado un notable incremento de la actividad científica a lo largo de los últimos treinta años debido a una conjunción de factores que han permitido que en estos momentos ocupe la décima posición mundial en términos tanto de producción científica como de impacto de sus publicaciones. Esta posición en el ámbito científico es consistente con su posición como décima economía mundial en términos de Producto Interior Bruto. Entre los factores que han permitido que España ocupe esta privilegiada posición, podemos destacar los siguientes: (i) una política activa y continuada en el fomento de las actividades de investigación y desarrollo (I+D) llevada a cabo con mayor o menor intensidad por todos los gobiernos que han dirigido tanto la nación como las comunidades autónomas; (ii) la promulgación en 1986 de una Ley de la Ciencia que se ha mantenido en vigor durante 25 años, sin grandes cambios, permitiendo un esquema formal y estable, el denominado Plan Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación (PNIDI), que ha evitado grandes fluctuaciones e incertidumbres en la financiación de proyectos e infraestructuras y ha permitido diseñar una estructura para la carrera científica [Plan Nacional 2008-2011] y, (iii) la formación de cuadros de investigadores en países de gran tradición científica y su posterior reincorporación al tejido científico español.

A pesar de los logros de la ciencia española, el modelo presentaba ciertas inconsistencias y ha comenzado a manifestar señales de agota-

miento. Por ejemplo, no ha sabido dar un impulso decisivo a la investigación y desarrollo en el tejido industrial español, cuyos indicadores de actividad de I+D+i no son tan impactantes como los del mundo académico. Otros ejemplos los encontramos en la deficitaria balanza de pagos en productos de alta tecnología, el escaso número de empresas que incorporan doctores en sus plantillas, o la escasez de patentes que tienen origen en el sector privado. Todos estos indicadores negativos han sido decisivos para proponer el cambio de la Ley de la Ciencia que ha tenido lugar recientemente con el consenso de todas las fuerzas políticas [Ley de la Ciencia, 2011]. Es importante señalar, que esta nueva ley señala, por primera vez en nuestra historia, que las actividades de divulgación y comunicación de la ciencia son consustanciales a la actividad científica y que se deben establecer criterios para valorar dichas actividades en la carrera de un investigador. Sin duda, la ley pretende promocionar algunos aspectos que no se habían tratado adecuadamente en el pasado.

En este contexto de éxito relativo en el ámbito científico y de una escasa transferencia del conocimiento hacia el sector productivo, es en el que la nanociencia y la nanotecnología (NyN), ramas emergentes del conocimiento, han aparecido en el escenario de la ciencia y tecnología españolas. Sin embargo, la manera en la que se gestó la nanotecnología en España ha tenido ciertas peculiaridades que han permitido en es-

\* Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, España. Red "José Roberto Leite" de Divulgación y Formación en Nanotecnología (NANODYF), CYTED.

\*\* Escuela Técnica Superior de Ingeniería, ETSI-ICAI, Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España. Red "José Roberto Leite" de Divulgación y Formación en Nanotecnología (NANODYF), CYTED. <jdtutor@upcomillas.es>.

tos momentos, que España sea el séptimo país del mundo en términos de producción científica en este ámbito y el más productivo en el contexto iberoamericano [OEI, 2009]. Uno de los factores que explican este gran desarrollo ha sido, por ejemplo, el acceso temprano, en 1983-1984, por parte de los grupos de investigación españoles del entorno de la Universidad Autónoma de Madrid a los microscopios de proximidad (STM, AFM, etc.). Es oportuno reflexionar sobre la escuela de microscopistas en STM y AFM de la Universidad Autónoma de Madrid, ya que fue una de las primeras en establecerse en el mundo y ha dado lugar a algunas empresas *spin-off* de cierto éxito internacional y ha servido para nuclear nuevos centros de investigación. Estamos ante un claro ejemplo del éxito asociado a tener una ventaja competitiva.

Otro factor clave que ha condicionado el impacto de la NyN en España es la relativamente rápida autoorganización de los científicos en redes como la Red Nanociencia (1999-2004) y la Red NanoSpain, activa desde el año 2000 [NanoSpain]. La red NanoSpain, que en la actualidad cuenta con más de 310 grupos inscritos, ha sido otro de los elementos que ha permitido consolidar la investigación en NyN, pues ha proporcionado gran visibilidad a esta comunidad científica. NanoSpain, además, sirvió de catalizador ante el entonces Ministerio de Ciencia y Tecnología, para que la nanotecnología tuviese un especial trato dentro del Plan Nacional de I+D+i. Durante las dos últimas ediciones de dicho plan, 2004-2007 y 2008-2011, el gobierno de España ha impulsado el desarrollo de NyN a través de una Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología [Acción Estratégica NyN]. En este marco se han aprobado numerosos proyectos de gran impacto científico (dentro del llamado programa Consolider), otros tendentes a fomentar la actividad industrial (programa CENIT de proyectos de colaboración entre empresas y centros públicos), y otros focalizados hacia el sector biomédico, como los proyectos dentro del consorcio CIBER-BBN [CIBER-BBN]. Otra gran apuesta de la Administración General del Estado ha sido la puesta en marcha de grandes infraestructuras como el sincrotrón ALBA [ALBA] (ver imagen 1),

cofinanciado entre el gobierno de España, y la Generalitat de Cataluña, o el Laboratorio Internacional Ibérico de Nanotecnología (INL) [INL], proyecto de gran envergadura co-financiado por los gobiernos de Portugal y España y ubicado en Braga (Portugal).

A este esfuerzo del gobierno central hay que añadir el efectuado por las Comunidades Autónomas (CCAA), que han impulsado la creación de nuevas infraestructuras singulares y avanzados centros de investigación. Por otro lado, la colaboración pública-privada ha permitido el desarrollo de nuevas plataformas tecnológicas y redes dedicadas a la aplicación de la nanotecnología en diferentes sectores: salud, materiales, electrónica, construcción, automoción, etc. Como resultado de todas estas actuaciones durante los últimos años se han invertido en España varios cientos de millones de euros en la promoción de la nanotecnología [Serena 2007, 2009].

Ya hemos mencionado que los resultados científicos han sido considerables, como acredita la excelente posición en el *ranking* mundial de publicaciones. Sin embargo no se puede decir lo mismo sobre la implantación de las nanotecnologías en los sectores productivos de España.

**IMAGEN 1.** El sincrotrón ALBA-CELLS [ALBA], situado en Cerdanyola del Vallès (Barcelona), es una de las mayores infraestructuras científicas de España y pertenece a la red de Infraestructuras Científico-Técnicas Singulares (ICTS) del Ministerio de Ciencia e Innovación. Con una inversión de más de 200 millones de euros, este sincrotrón tiene siete líneas de trabajo, algunas de las cuales están estrechamente relacionadas con la nanotecnología.



Fuente de la imagen: <[http://www.cells.es/Images/aerial-view2011\\_small](http://www.cells.es/Images/aerial-view2011_small)>.

En este ámbito, como en otros sectores económicos, España carece de grandes grupos industriales que sean competitivos a nivel mundial. Sin embargo, comienzan a aparecer empresas (generalmente *spin-offs* procedentes de grupos de investigación) que lanzan sus productos hacia el feroz mercado global. Muchas de estas empresas se encuentran vinculadas a la extensa red de Parques Científicos y Tecnológicos que existe en España [APTE]. Algunas de estas iniciativas emprendedoras han contado con el apoyo del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, que, a través del Instituto de Comercio Exterior (ICEX), ha promovido que empresas e instituciones españolas participen en ferias internacionales de nanotecnología [ICEX]. Sin embargo, a pesar de todo este esfuerzo realizado quedan muchos pasos que dar para que España pueda homologarse plenamente con los países más avanzados del mundo. Se espera que la nueva Ley de la Ciencia [Ley de la Ciencia, 2011] sea el instrumento capaz de permitir esta convergencia.

## SITUACIÓN DE LA DIVULGACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA

Los representantes más ilustres del sistema ciencia-tecnología-sociedad han señalado que la única manera que España tiene para seguir ocupando puestos de privilegio en el contexto económicosocial mundial es mediante una estrategia en la que ciudadanos, administraciones públicas, empresas y otras entidades privadas desarrollen sus actividades en un entorno innovador, que favorezca la generación y utilización de nuevos conocimientos para producir bienes y servicios de alto valor añadido. Estamos hablando de transformar la sociedad actual en otra que realmente esté basada en el conocimiento y en una actitud más emprendedora de la ciudadanía, apoyada por un Estado eficiente y moderno.

La divulgación de la nanotecnología, como vía de transformación social en el campo de NyN, tiene que propiciar la conexión nanociencia-nanotecnología-sociedad. Sin embargo, este ejercicio de divulgación de la NyN posee unos atractivos ingredientes que la diferencian de la

divulgación de otros tópicos científicos. El carácter multidisciplinar de la NyN permite usar lenguajes, experiencias y ejemplos muy variados, y encontrar numerosísimos ámbitos de aplicación. De esta manera, se puede transmitir de manera atractiva cómo, gracias a los diminutos objetos que pueblan el nanomundo, el ser humano va a ser capaz de elaborar nuevos materiales, nuevos dispositivos, nuevas formas de curación, nuevas fuentes de producción de energía... ¡La nanotecnología tiene “gancho” multidisciplinar! Con ella nos podemos acercar a personas que sienten atracción por la física, la biología, la química, la ingeniería, las matemáticas, la medicina. La nanotecnología es un gran recurso pedagógico para atraer hacia la ciencia a la población y sirve para incentivar la curiosidad y vocaciones científicas de los más jóvenes. Como contrapartida, la divulgación de la nanotecnología tiene sus propios problemas: (i) se trata de un campo muy extenso, con diferentes jergas y vías de aproximación, (ii) se trabaja con entidades que no se pueden ver a simple vista, y (iii) estos objetos funcionan siguiendo las ecuaciones poco intuitivas de la mecánica cuántica. Por todo esto, la nanotecnología requiere una divulgación más cuidada, más pensada, que seguramente exija el uso combinado de muchos de los recursos que actualmente están a nuestro alcance.

Si bien es cierto que la divulgación de la ciencia y la tecnología ha tenido un gran impulso en los últimos años gracias de diversas iniciativas de los gobiernos nacional y autonómicos [FECYT, 2011], las iniciativas de divulgación de la nanotecnología en España han sido escasas, esporádicas, y fruto de las iniciativas de un grupo entusiasta de personas que han actuado con generosa iniciativa pero con poca coordinación y poco apoyo desde las distintas instituciones. Esta situación nada tiene que ver con la que se ha dado en otros países como Estados Unidos, Japón, Taiwán, Alemania o Francia donde desde sus respectivos gobiernos se han establecido planes específicos de gran calado, en un intento de acercar la NyN a la ciudadanía con el fin de prepararla para la avalancha de productos que llegarán a nuestros mercados y tiendas en las próximas décadas basados en NyN.

Examinando las tablas que aparecen en el Anexo de este número especial (p. 138), observamos que de los más de treinta libros e informes que han sido publicados en España, y que están relacionados con la nanotecnología, sólo cinco están dedicados a la divulgación de esta rama del saber. Este número es muy pequeño si se compara con los libros de divulgación que se han editado en otros países como EUA, Francia, Alemania o Reino Unido.

Al contrario de lo que sucede con los libros, se puede decir que desde hace más de diez años se ha publicado un buen número de artículos de divulgación científica, de distintos niveles, y que han tratado diversos tópicos relacionados con la nanociencia y la nanotecnología. Además de estos artículos, accesibles por lo general al público que ya está interesado por los contenidos científicos, se ha hecho un esfuerzo relativo por parte de periódicos y revistas generalistas. Se puede decir que cada año ha habido algún artículo o suplemento de un periódico de cierta importancia dedicado a la NyN, destacando los que han aparecido en *El País*, *El Cultural de El Mundo*, *La Vanguardia*, etcétera.

Otra actividad que ha permitido que aquellos contenidos relacionados con la nanotecnología hayan llegado a la sociedad ha sido la convocatoria de concursos y el montaje de exposiciones. En cuanto a la convocatoria de concursos podemos destacar el concurso anual, de carácter nacional, FOTCIENCIA, patrocinado por la FECYT y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), que cuenta con una sección de imágenes de microscopía [FOTCIENCIA]. El otro concurso, SPMAGE [SPMAGE], sólo ha celebrado dos ediciones de carácter internacional y se ha especializado en imágenes obtenidas mediante microscopía de barrido de sonda local (SPM). Los dos concursos han dado lugar a dos exposiciones itinerantes (imagen 2) de imágenes que han tenido gran éxito, recorriendo decenas de localidades de toda la geografía española y de algún que otro país iberoamericano. Además de estas exposiciones, se han realizado otras de carácter más didáctico en Cataluña y Aragón. Aunque estas iniciativas son interesantes, en estos momentos ningún museo de la ciencia, de los

muchos que existen en España, tiene en proyecto una exposición permanente dedicada a NyN. Esta situación es totalmente opuesta a la que se da en otros países como Francia, Alemania, Reino Unido, Irán o Brasil, donde se han llevado a cabo ambiciosos proyectos expositivos, tanto permanentes como itinerantes.

Quizás el espacio donde más se habla de nanotecnología sea internet, donde hay ya varios millones de páginas relacionadas con el término “nanotecnología”. Páginas webs de centros de investigación, de revistas, blogs de centros, de particulares, redes sociales dedicadas al tema “nano”. Internet es un hervidero un tanto caótico donde se mezcla información relevante con mucho ruido o noticias contrarias al desarrollo de la nanotecnología. Todo esto hace que sea dificultoso encontrar materiales y contenidos adecuados a las expectativas de la persona interesada por la nanotecnología, ya sea un estudiante, un profesor o una persona con cierto interés por los avances de la ciencia. Éste es un ámbito en el que hay que hacer un esfuerzo dada la importancia que está adquiriendo como medio de comunicación de masas.

Finalmente, se debe mencionar que en los últimos años se ha hecho una promoción permanente de las actividades de divulgación científica, creándose nuevos museos, unidades de cultura científica, ciclos de conferencias, talle-

**IMAGEN 2.** Imagen de la exposición “Un paseo por el nanomundo” celebrada en el Museo Etnográfico de Castilla y León, durante los meses de junio y julio de 2011.



Fuente: Foto cortesía del Museo Etnográfico de Castilla y León.

res, programas de televisión, espacios en prensa escrita, entre otros, pero sólo una mínima parte de todas estas actividades ha estado relacionada con la NyN. En paralelo, esta rama del saber se ha convertido en una de las líneas prioritarias de investigación en la Unión Europea y en la agenda del Ministerio de Ciencia e Innovación de España. Sin duda, nos encontramos ante cierta contradicción que debe resolverse en los próximos años.

## ESTADO DE LA FORMACIÓN EN LOS CUATRO NIVELES DE ENSEÑANZA

Es sabido que las profundas transformaciones sociales deben estar acompañadas de actuaciones en diversos frentes, siendo el de la educación reglada uno de los más importantes. En España nos encontramos ante un reto formidable: no existe un modelo educativo estable y bien definido, pues éste ha sufrido considerables modificaciones en función de los cambios políticos. Esta situación es, quizá, uno de los fracasos colectivos más grandes de nuestro relativamente joven sistema democrático, en el que los principales actores no han sido capaces de llegar a un acuerdo sobre un modelo educativo que sirva de base para nuestro relanzamiento como país.

Tal debilidad del modelo educativo ha tenido una consecuencia palpable: España ocupa una posición mediocre en las clasificaciones internacionales que miden el nivel de conocimientos, capacidades de comunicación, habilidades matemáticas, etc. En concreto, en el informe de PISA 2009 [ME, 2009], España ocupaba la posición 35 (de 65 países) en cuanto a la competencia científica de la población estudiantil analizada.

Por lo tanto, la población que ahora mismo se encuentra formándose en las aulas posee más dificultades para desenvolverse con conceptos científicos, por lo que difícilmente nuestras sociedades verán líderes de los cambios científicotecnológicos que se avecinan, se sabe también que muchos de esos cambios vendrán de la mano de la nanotecnología, uno de los pilares de este cambio científicotecnológico y social [OPTI, 2008], y debe ser uno de los re-

ferentes de esta estrategia de cambio en los modelos educativos. Por lo tanto, parece lógico que los contenidos de NyN estén presentes, con las adecuadas matizaciones y adecuaciones curriculares, en los diseños curriculares de la educación primaria, de la enseñanza media, en la educación universitaria, en la formación profesional, en el reciclado de trabajadores, en la formación de consumidores, y en aquellas actividades formativas de la sociedad en general. Las enseñanzas formales cumplen seguramente el papel más importante para acercar la ciencia y tecnología a los ciudadanos.

La Real Sociedad Española de Física (RSEF), la Real Sociedad Española de Química (RSEQ) y la Confederación de Sociedades Científicas Españolas (COSCE) han llegado a la conclusión, a través de encuestas, entrevistas y trabajo de campo a nivel de centros de enseñanza primaria, medio y superior, así como a nivel de centros de investigación, de que la enseñanza de las ciencias se ha degradado al punto de convertirse en una enseñanza formalista en los niveles primarios y medios españoles; con muy pocas horas docentes y ausencia casi absoluta de prácticas de laboratorio ni siquiera demostrativas, aun cuando nos referimos a asignaturas de ciencias eminentemente experimentales. Según estos informes, la gente valora la ciencia y a los científicos, pero poca gente quiere acercarse a la ciencia.

A nivel de la Administración Central del Estado, adscrito al Ministerio de Educación, existe el Instituto de Tecnologías Educativas (ITE; <<http://www.ite.educacion.es>>) el cual tiene como objetivos:

- Elaborar y difundir materiales en soporte digital y audiovisual de todas las áreas del conocimiento, con el fin de que las TIC sean un instrumento ordinario de trabajo en el aula para el profesorado de las distintas etapas educativas.
- Gestionar los convenios con las televisiones educativas: RTVE y TEIb.
- Realizar programas de formación específicos, en colaboración con las Comunidades Autónomas, en el ámbito de la aplicación en el aula de las TIC.

- Desarrollar el portal de recursos educativos del Ministerio de Educación.
- Crear redes sociales para facilitar el intercambio de experiencias y recursos entre el profesorado.

En el sitio web de este instituto, en el link de RECURSOS se pueden encontrar un gran número de recursos didácticos por asignaturas de ciencias dirigidos a los profesores de niveles primarios, medio (ESO y bachillerato) y formación profesional; un número considerable de estos recursos son materiales soportados por el uso de las NTICs a manera de laboratorios virtuales, talleres virtuales, presentaciones, así como otros documentos en los que se recomienda a los docentes de estos niveles, determinados tratamientos de los contenidos, así como de formas de organización del proceso docente y técnicas de evaluación y control de los conocimientos.

### *Nivel primario de enseñanza*

En el nivel de enseñanza primaria en España, las consejerías de educación de las CCAA trazan las guías generales de las asignaturas diseñadas para cada grado a nivel central por el Ministerio de Educación. Tanto las escuelas públicas, como las concertadas (privadas con subvenciones de las CCAA) y las privadas dependen en gran medida de los textos a utilizar en cada asignatura por grados y, por ende, los contenidos tratados o sugeridos por los autores de los libros de texto.

En este sentido, la inclusión o no de determinados temas está supeditada en gran medida a los textos utilizados por los profesores como de sus propias iniciativas. Lamentablemente, el tema de la NyN es nulo en este nivel de enseñanza en el contexto español. En la página de recursos del ITE dedicados a la asignatura de conocimiento del medio natural, social y cultural se presentan 26 recursos, ninguno de los cuales menciona algo relacionado con la NyN. Aunque no debemos ignorar algunas iniciativas en algunas CCAA en la que centros de enseñanza primaria organizan excursiones didácticas a centros de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) ubicados en las diferen-

tes CCAA, o iniciativas como el CSIC en la Escuela [CSIC en la Escuela].

### *Nivel medio de enseñanza: enseñanza secundaria obligatoria (ESO) y bachillerato*

En la ESO y en el bachillerato en España, la situación en cuanto a estructuras de centros es análoga a la de los colegios primarios (público, concertado y privado).

En la ESO existen tres asignaturas donde hay nichos que podían ser ocupados por conocimientos de NyN: ciencias de la naturaleza, tecnología y, biología y geología. Los libros de textos de estas asignaturas, en cualquiera de las estructuras organizativas de la ESO, están huérfanos de contenidos relacionados con la NyN; en los recursos didácticos ofrecidos a los profesores a través de la página web del ITE se presentan 101 materiales de diversos tipos: ninguno de ellos se dedica a conocimientos elementales de NyN, y ni siquiera se hace mención a ello.

En el nivel de bachillerato, otro tanto de lo mismo. Existen un total de 4 asignaturas donde sería factible, y necesario, la introducción de conocimientos elementales acerca de la NyN. Estas asignaturas son: ciencia para el mundo contemporáneo, física y química, biología y geología, y tecnología industrial. Algunas editoriales como SM, Alianza Editorial y McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U. incluyen comentarios y figuras relacionadas con la nanobiología, la nanoelectrónica, la nanomedicina, etc., de una manera muy superficial y fuera de cualquier objetivo de aprendizaje. En el ITE se dedican 68 materiales como recursos didácticos de las asignaturas antes mencionadas y en las cuales, sólo un recurso (biología y geología) está dedicado a la introducción de conceptos de nanobiología.

Sin embargo, debemos destacar algunas iniciativas de gran valor instructivo y docente metodológico, en la introducción de conocimientos de NyN en el nivel medio de enseñanza en España. Estas son:

- Una unidad didáctica titulada *Nanociencia y nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro* [Martín-

Gago *et al.*, 2008], dirigida principalmente a estudiantes de nivel medio de enseñanza, aunque puede ser utilizada como guía didáctica por profesores (imagen 3 (a)).

- Una unidad didáctica titulada *Nanotecnología. ¿Cómo será la vida dentro de 25 años* [Zaballos *et al.*, 2011], igualmente dirigida principalmente a estudiantes de nivel medio de enseñanza, aunque puede ser utilizada como guía didáctica por profesores (imagen 3 (b)).
- Curso de formación para el profesorado en el área de nanotecnología, aprobado por la Comunidad Autónoma de Madrid a propuesta del Colegio Oficial de Físicos (COFIS) y que será impartido por profesores e investigadores de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSI-ICAI) de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid y del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM), CSIC, del 4 de octubre al 3 de noviembre de 2011. <[tin\\_COFIS\\_julioagosto2011.pdf> \(imagen 3 \(c\)\).](http://www.cofis.es/colegiado/boletinespdf/2011/Bole-</a></li>
</ul>
</div>
<div data-bbox=)

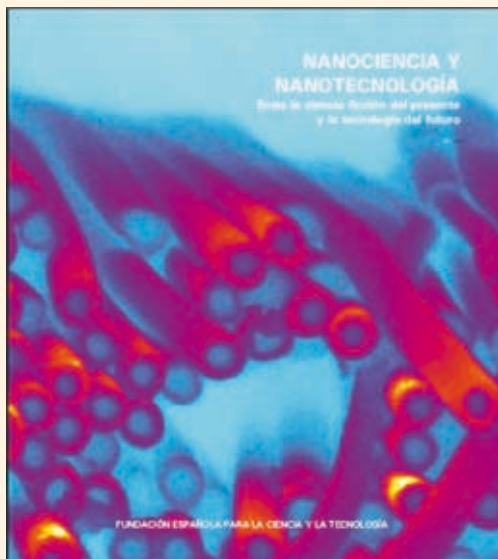
- 5 recursos en la web del ITE, dedicados a profesores a manera de noticias de ciencia y tecnología.

No se descarta la posibilidad de que existan otras iniciativas a este nivel, pero su cantidad y su visibilidad pública son escasas.

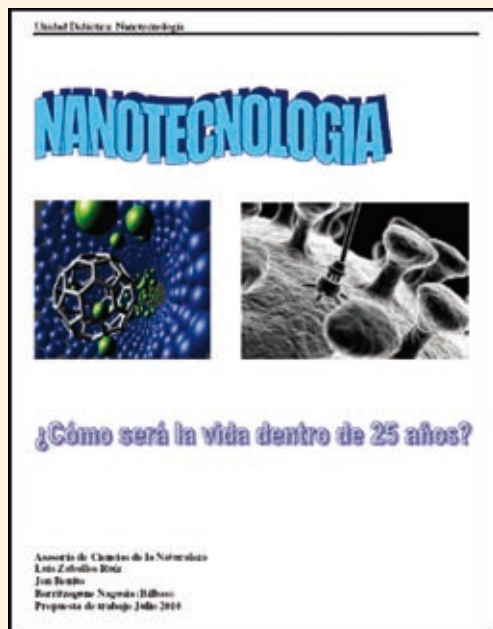
### Nivel de enseñanza universitario

En este nivel de enseñanza, en España, sí ha estado muy presente el tratamiento de conceptos, leyes y categorías relacionadas con la NyN, aunque de manera espontánea en la mayoría de los casos. Esto se ha debido a que una masa crítica de docentes de la educación superior española ha estado y están vinculados directamente en investigaciones en NyN. Temas de nanoelectrónica, nanomedicina, nanobiología, nanoquímica,

**IMAGEN 3(A).** Portada de la unidad didáctica *Nanociencia y nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro* [Martin-Gago *et al.*, 2008].



**IMAGEN 3(B).** Portada de la unidad didáctica *Nanotecnología. ¿Cómo será la vida dentro de 25 años* [Zaballos *et al.*, 2011]. Asesoría de Ciencias de la Naturaleza de la Consejería de Educación del País Vasco.



**IMAGEN 3(C).** Curso de formación para el profesorado en el área de nanotecnología. *Boletín Informativo del COFIS*, julio – agosto de 2011. <[http://www.cofis.es/colegiado/boletinespdf/2011/Boletin\\_COFIS\\_julioagosto2011.pdf](http://www.cofis.es/colegiado/boletinespdf/2011/Boletin_COFIS_julioagosto2011.pdf)>.



**cofis**  
CONSEJO DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO

**Curso para Formación del Profesorado**

**"Introducción a la Nanotecnología: Actualidad y Perspectivas"**

CONSEJO DE EDUCACIÓN  
Comunidad de Madrid

## Nuevo curso del COFIS para la formación de los profesores en nanotecnología

Con el título «Introducción a la nanotecnología: actualidad y perspectivas», el Colegio de Físicos ha organizado un nuevo curso de formación del profesorado que se celebrará este próximo otoño en la Universidad Pontificia Comillas en Madrid.

El curso será presencial, con sesiones los martes y jueves entre el 4 de octubre y el 3 de noviembre de 2011, en horario de 18 a 21 h. Los colegiados tendrán un **descuento del 50%** sobre el precio general de 120 € y los profesores de Física y/o Química de ESO y Bachillerato recibirán 3 créditos de formación.

Más información en [administracion@cofis.es](mailto:administracion@cofis.es) y próximamente en: [www.cofis.es](http://www.cofis.es) > **Oferta formativa** > **Cofis organiza**

etc., se han incluido en asignaturas por parte de docentes investigadores; igualmente, una buena cantidad de textos especializados en NyN han servido de referencias bibliográficas en muchas asignaturas. Además en los currícula de grados de física, química, biología, ingeniería industrial, etc. en universidades públicas y privadas aparecen explícitamente asignaturas con títulos relacionados con la NyN.

En la actualidad, hay un gran debate sobre la posible implantación del grado en nanotecnología. Solo la Universidad Autónoma de Barcelona ha implantado este grado pero no existe aún un consenso sobre este tema. Y dependerá mucho de a qué nivel del mercado laboral español se haga explícita la necesidad de graduados con un perfil netamente de “nanoespecialistas”.

### *Nivel de enseñanza de posgraduado*

En este nivel de enseñanza donde se incluyen los cursos de Máster y doctorado se debe mencionar que en España hay ya una tradición en temas de NyN. En casi todas las universidades públicas españolas están presentes ambos tipos de cursos y en el caso de doctorados una considerable cantidad de tesis relacionadas con la NyN. Pero con el transcurso del tiempo la oferta se ha hecho mayor que la demanda por parte de graduados de licenciatura y de ingeniería lo que ha conllevado a que los cursos de Máster y doctorado en es-

tas especialidades se hayan convertido en cursos interuniversitarios.

En el caso de los cursos de Máster existe además una experiencia de una entidad privada, la Escuela Internacional de Negocios ALITER, que, desde el 2009, viene ofertando un Máster en nanotecnología y en la que han participado ya decenas de graduados universitarios que se encuentran trabajando, muchos de ellos, en medianas y pequeñas empresas tecnológicas con base en la nanotecnología.

En cuanto a los doctorados debemos mencionar que aún cuando el CSIC forma en estos momentos el 30% de los doctores, no está autorizado a expedir títulos de doctor, teniéndose que vincular a las universidades públicas para que éstas expidan los títulos correspondientes. Otro tanto ocurre con centros de punta en el área nano como son el Instituto Iberoamericano de Nanotecnología, el Centro Internacional de Nanotecnología, radicado en Cataluña, y el Centro Tecnológico NANOGUNE, en el País Vasco, que son centros formativos en NyN a nivel posgrado, sin autorización para expedir títulos de doctorado.

## CONCLUSIONES

Durante los últimos treinta años España ha avanzado mucho en términos de producción y calidad de sus resultados científicos, gracias a la estruc-



tura estable de los Planes Nacionales de I+D+i y a una inversión razonable en la formación de recursos humanos capacitados para las tareas de investigación y la construcción de instalaciones e infraestructuras homologables internacionalmente. La nanotecnología se ha desarrollado en este contexto de crecimiento y es de las ramas con más éxito a nivel mundial. Sin embargo, el sistema de I+D+i ha crecido dejando algunos huecos en su estructura que hacen imposible seguir creciendo con la misma estrategia. Estos problemas están relacionados con la transferencia de la ciencia y tecnología a la sociedad, en un sentido amplio. Por un lado, las empresas no han sabido aprovechar el caudal creativo de los investigadores y, por otro, la sociedad está absorbiendo lentamente los avances que se logran en nuestros laboratorios, decreciendo el interés por dedicarse a la ciencia. La nanotecnología tiene estos mismos problemas: llega con dificultad a las empresas y a la sociedad.

En los últimos años se ha hecho un esfuerzo considerable tanto en transferencia de tecnología como en divulgación y formación, pero parece que los frutos van apareciendo muy lentamente. En el caso de la nanotecnología la situación es más dramática ya que mientras desde las instituciones que rigen la política científica del país se dice que este tema es clave para el desarrollo de la sociedad, en paralelo no hay iniciativas claras para incentivar que la nanociencia y la nanotecnología se implanten en la sociedad de una manera más consistente. En relación con la divulgación a todos los niveles de la nanotecnología se han hecho muchas cosas, pero sin una línea argumental clara, sin coordinación, basadas en el esfuerzo de “espon-táneos” obsesionados por acercar la ciencia a sus conciudadanos. Si nos comparamos con los otros países hermanos de Iberoamérica nuestra situación parece excelente, pero no debemos engañarnos, ya que estamos muy por detrás de los países que lideran el mundo, en los que ya existe una gran tradición por la transferencia y la divulgación, y que tienen modelos educativos sólidos y estables.

Nuestro modelo educativo es bastante inestable y no ha sabido ubicar correctamente la en-

señanza de las ciencias, y esto también ocurre con la nanotecnología. En los niveles educativos universitarios la situación no es mala, y hay una oferta razonable en términos de formación de posgrado, pero la situación cambia cuando descendemos al bachillerato, la educación secundaria o la primaria. En estos niveles lo “nano”, que puede servir de enganche para la ciencia, prácticamente no existe. ¿Es así como pensamos tener investigadores punteros o consumidores formados en el futuro?

## RECOMENDACIONES

- Potenciar la divulgación científica en general y la de la nanotecnología en particular, aumentando recursos y potenciando estructuras de red, para optimizar los recursos y materiales de una manera más eficiente.
- Potenciar la divulgación de la NyN como enganche para la gente joven hacia la ciencia. Esto se puede lograr debido a la fascinación que ejerce y a ser multidisciplinar, por lo que se puede activar la pasión por la ciencia en estudiantes o personas con diferentes perfiles.
- Potenciar actividades en “nano” a través de nuevos recursos: video juegos, video-presentaciones, comics, entre otras.
- Insertar la NyN en los museos de ciencia y tecnología, en particular en las sedes más modernas y mejor equipadas. Establecer contenidos itinerantes con demostradores, ilustraciones, imágenes, etc., imitando la iniciativa alemana de “NANOTRUCK” [Nanotruck] o la más modesta iniciativa del CSIC y FECYT del MOVILAB.
- Incentivar que grupos españoles planteen su participación en proyectos divulgativos a escala europea dentro del VII y VIII Programa Marco.
- Aumentar los contenidos de nanotecnología en todas las asignaturas donde haya posibilidades de introducir conocimientos con mayor o menor grado de profundidad sin detrimento de los contenidos básicos de las mismas.

- Elaborar un plan de formación de NyN para los profesores de ESO y bachillerato de toda España. Insertar contenidos de NyN en los nuevos máster de formación del profesorado.
- Estudiar la necesidad y conveniencia de establecer estudios de NyN a nivel de grado, siempre y cuando haya respaldo del mercado laboral español para tales especializaciones.
- Potenciar la parte experimental de la ciencia. Aumentar horas de física y química en ESO y bachillerato. Establecer planes de estudio nuevos, con temario menos extenso, enfatizando aquellas competencias experimentales o que permiten establecer conexiones entre conceptos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [Acción Estratégica NyN] Acción estratégica de Nanociencia y Nanotecnología, Nuevos Materiales y Nuevos Procesos Industriales (2008-2011). Ministerio de Ciencia e Innovación. <<http://www.micinn.es>>. (Inicio -> PLAN NACIONAL de I+D+i 2008-2011 > Acciones Estratégicas).
- [ALBA] ALBA-CELLS Synchrtron Light Facility. <<http://www.cells.es/>>.
- [APTE] Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España (APTE). <<http://www.apte.org/es/>>.
- [CIBER-BBN] Centro de Investigación Biomédica en Red en Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN). <<http://www.ciberbbn.es/>>.
- [CSIC en la Escuela] Programa CSIC en la Escuela. <<http://www.csicenlaescuela.csic.es/>>.
- [FECYT, 2011] Fundación Española de Ciencia y Tecnología (2011). "Diez años de divulgación científica en España". <<http://www.fecyt.es/>>.
- [FOTCIENCIA] Certamen Nacional de Fotografía Científica (FOTCIENCIA). <<http://www.fotciencia.es/>>.
- [ICEX] Instituto Español de Comercio Exterior (ICEX). <<http://www.icex.es>>.
- [INL] Laboratorio Internacional Ibérico de Nanotecnología. <<http://www.inl.int/>>.
- [Ley de la Ciencia, 2011] Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. <<http://www.boe.es/boe/dias/2011/06/02/pdfs/BOE-A-2011-9617.pdf>>.
- [Martín-Gago *et al.*, 2008] Martín-Gago, J.A. *et al.* Unidad didáctica Nanociencia y Nanotecnología. *Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro*. Madridcolor I.D., S.L. ISBN 978-84-691-7266-7.
- [ME, 2009] Ministerio de Educación (2009). Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos OCDE (Informe Español). <[http://www.educacion.gob.es/ievaluacion.html#pisa2009\\_1](http://www.educacion.gob.es/ievaluacion.html#pisa2009_1)>.
- [NanoSpain] Red Española de Nanotecnología (NanoSpain). <<http://www.nanospain.org/>>.
- [Nanotruck] Iniciativa "Nanotruck" del Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania. <<http://www.nanotruck.de/en/home.html>>.
- [OEI 2009] Organización de Estados Iberoamericanos (2009). *La nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias*. <<http://www.oei.es/salactsi/nano.pdf>>.
- [OPTI, 2008] Fundación Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI) y Fundación INASMET-TECNALIA (2008). "Aplicaciones Industriales de las Nanotecnologías en España en el Horizonte 2020".
- [Plan Nacional 2008-2011] Plan Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación <<http://icono.fecyt.es/contenido.asp?dir=05%29Publi/AA%29planaid>>.
- [Serena, 2007] Serena, P.A. (2007) «The implementation of the Action Plan for Nanosciences and Nanotechnologies in Spain (2005-2007)». *E-Nano Newsletters*, 15: 22-34. <[http://www.phantomsnet.net/files/E\\_NANO\\_Newsletter\\_Issue15.pdf](http://www.phantomsnet.net/files/E_NANO_Newsletter_Issue15.pdf)>.
- [Serena, 2009] Serena, P.A. (2009). "La implantación de la nanotecnología en España: muchas luces y alguna sombra". *Revista "Mundo-Nano"*, vol. 2, núm. 2: 74-90.

(SPMAGE) Concurso Internacional de Imágenes SPM (SPMAGE). <<http://www.icmm.csic.es/spmage>>.

[Zaballos *et al.*, 2011] Zaballos Ruíz, L. y Benito J. (2011). Unidad didáctica *Nanotecnología. ¿Cómo será la vida dentro de 25 años*. Asesoría de Ciencias de la Naturaleza de la Consejería de Educación del País Vasco, España.