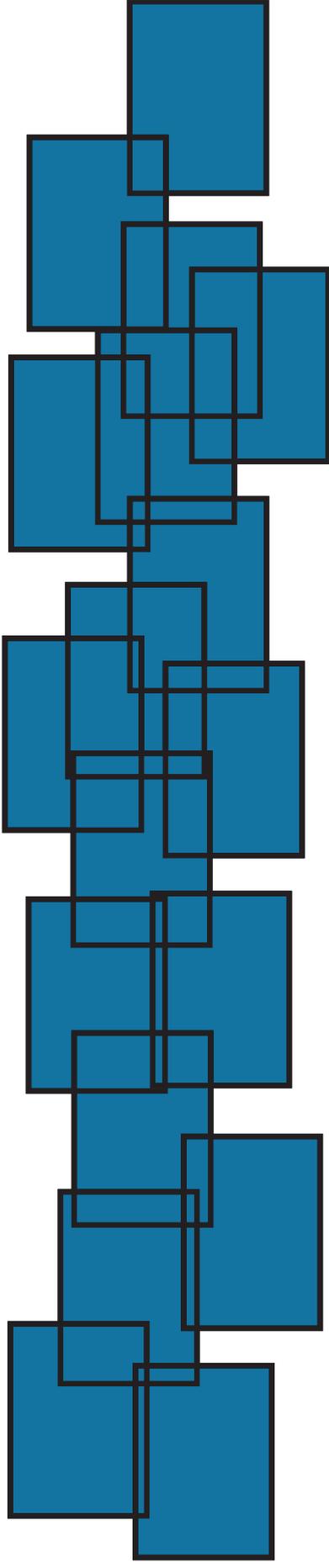


# INTRODUCCIÓN



## Antonio Correia

**Lugar y fecha de nacimiento:** París (Francia), 09 de febrero de 1966.

**Formación:** Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de París VII (Francia) en 1990. Doctorado tres años más tarde en esta misma Universidad.

**Carrera Profesional:** Realizó dos estancias post-doctorales en Francia (CNRS) y en España (CSIC) en sendos Institutos Nacionales de Investigación. Autor o coautor de más de 50 artículos científicos en revistas internacionales y editor invitado de varios libros.

En la actualidad, es fundador y presidente de la Fundación Phantoms, organización sin ánimo de lucro creada en Noviembre 2002 en Madrid, y coordinador de varias iniciativas en Nanociencia y Nanotecnología como la Acción Coordinada (EU/FET) nanoICT o las redes NanoSpain (Red Española de Nanotecnología) y M4nano (Modelling for Nanotechnology).



## Pedro A. Serena

**Lugar y fecha de nacimiento:** Madrid (España), 28 de julio de 1962

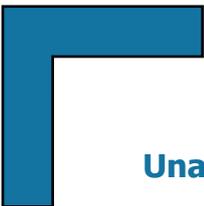
**Formación:** Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Autónoma de Madrid (1985). Se doctoró en Física en la misma universidad (1990).

**Carrera Profesional:** Realizó una estancia post-doctoral en el Laboratorio de IBM en Zürich (1990-1991). De 1991 a 1997 trabajó en el Laboratorio de Física de Sistemas Pequeños y Nanotecnología del CSIC. Desde 1997 es miembro del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid del CSIC, donde actualmente tiene el cargo de Investigador y del que fue Vicedirector entre 2000 y 2003. Es coautor de más de 70 publicaciones en revistas internacionales.

Además es Experto en Acciones Estratégicas de la Comisión de Seguimiento del Plan Nacional (COSEP-FECYT-MEC), Colaborador de la Dirección General de Investigación del MEC en al Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología, y Miembro del Consejo Asesor Científico del Parque Científico de Madrid. También fue coordinador de la Red Nanociencia (1999-2004) y NanoSpain (2000-2005), así como coorganizador de la serie de conferencias Trends in Nanotechnology de 2000 a 2005. Desde 2008 es coordinador del Eje Nano del CSIC.

Entre sus líneas de actividad destacan el estudio de las propiedades eléctricas y mecánicas mediante simulaciones Monte Carlo, de Dinámica Molecular, Tight-Binding, etc. de diversos sistemas nanométricos (nanohilos metálicos, cápsidas víricas, etc.). También ha realizado diversas actividades relacionadas con la divulgación científica.





## INTRODUCCIÓN

### Una fotografía de la Nanociencia y Nanotecnología en España

#### 1. El impacto de la “explosión” nanotecnológica

En esta última década hemos asistido a la irrupción de la Nanociencia y la Nanotecnología como áreas punteras de investigación que se están desarrollando tanto en los países más avanzados como en aquellos con economías emergentes [1-4]. La Nanotecnología no sólo es una línea de investigación con un gran porvenir sino que ha comenzado a proporcionar sus primeras aplicaciones comerciales en muchos sectores (electrónica, automoción, material deportivo, cosmética, etc.). De forma simultánea, la Nanotecnología se ha convertido en un tema de gran repercusión mediática que, en cierta medida, refleja la fascinación que provoca la capacidad de controlar la forma y composición de la materia a escala atómica y molecular, usando técnicas y aproximaciones muy diversas. Este control es el que permite acceder a nuevas propiedades que sólo se manifiestan a escala nanométrica (la nanoescala) o moldear a voluntad las ya conocidas, logrando con ello la síntesis de nuevos materiales con propiedades a medida y la fabricación de diminutos dispositivos.

La fuerza con la que ha emergido la Nanotecnología se debe a la conjunción de diversos factores: (i) el avance de la ciencia y la tecnología, que a lo largo del siglo XX ha logrado paulatinamente entender y controlar las propiedades de la materia a escalas cada vez más pequeñas, evolucionando desde las que podríamos denominar “microtecnologías” hasta las “nanotecnologías”; (ii) la necesidad de establecer nuevos paradigmas científico-tecnológicos en el ámbito de la industria de la electrónica, buscando una anticipación al final de la era del silicio para permitir ahondar en la revolución digital que ha cambiado gran parte de nuestra sociedad en los últimos treinta años; (iii) la necesidad de establecer mecanismos de producción industrial más competitivos basados en el dominio absoluto de la materia de forma que permita a los países más desarrollados soportar el envite de las economías emergentes; (iv) el necesario desarrollo de nuevos mecanismos de alerta y seguridad que permitan automatizar procesos peligrosos, anular nuevas amenazas terroristas, etc.; y (v) ser capaces de diseñar y fabricar nuevos materiales, establecer nuevos medios de producción y sistemas de control, que contribuyan a la implantación de modelos económicos más sostenibles en medio de la preocupación generalizada ante nuevas situaciones como el cambio climático. Todos estos factores, junto con otros que se podrían mencionar, han hecho que la Nanociencia y Nanotecnología se acepten e incentiven con cierta esperanza por parte de la sociedad, recibiendo de forma generalizada el respaldo financiero de los sectores público y privado en todo el mundo. Basta señalar que en el periodo 1997-2005 la inversión global en I+D en Nanotecnología creció de 432 M\$ a 4200 M\$ [5]. Este esfuerzo es equiparable a las inversiones en Genética y Genómica realizadas durante la década de 1990.

El inicio de la apuesta inversora por la Nanotecnología se originó en 1996 en los EE.UU., cuando varias agencias federales lanzaron la Iniciativa Nacional en Nanotecnología (NNI, National Nanotechnology Initiative) [6]. Dicha iniciativa ha aportado en el periodo 1997-2003 más de 7500 M\$. Además de estas cifras hay que considerar la inversión de los distintos Estados, y la fortísima inversión privada de las empresas norteamericanas ligadas a la telefonía, microelectrónica, aeronáutica, química y biotecnología. Siguiendo la estela de los EE.UU. Japón ha invertido durante el periodo 1997-2003 incluso más recursos que EE.UU. en Nanotecnología,

focalizándose en electrónica y materiales. Taiwán, Corea y China también han efectuado inversiones millonarias.

Por su parte la Unión Europea ha fomentado la Nanotecnología con ímpetu [7] tanto en el VI [8,9] como en el VII Programas Marco [10-12] a través de diversas iniciativas. Entre estas iniciativas podemos destacar la creación de un área temática específica, "Nanociencias, Nanotecnologías, Materiales y Nuevas Técnicas de Producción" (NMP) [8], la asignación de recursos en otras áreas relacionadas con las TIC [9], el Transporte, la Energía y la Salud, la creación de Plataformas Tecnológicas [12], como la de Nanoelectrónica (ENIAC) o la de Nanomedicina (NanoMED), el fomento de la investigación en nanoecotoxicología [13], y el fomento de estudios sobre la convergencia tecnológica de la Nanotecnología con otras áreas de investigación [14]. Además de estos esfuerzos desde la UE, hay que destacar las fuertes inversiones realizadas por los gobiernos europeos, destacando las de Alemania, Francia y Reino Unido. Finalmente, el "boom" científico de la Nanotecnología en Europa ha dado lugar a la creación, en menos de 10 años, de casi 200 redes regionales o nacionales en el continente.

Todos los esfuerzos inversores quedan reflejados en la Tabla 1 (basada en datos de la Ref. [15]). Como puede observarse, la financiación de la Nanotecnología ha sufrido un aumento exponencial en EE.UU., la Unión Europea y Japón. En estas regiones la Nanotecnología se entiende como elemento clave que permitirá mantener a medio y largo plazo la competitividad de algunos de sus sectores industriales. A dicho esfuerzo se ha sumado en los últimos años China, mediante la creación de grandes centros de investigación que dan soporte a las industrias instaladas en las regiones donde la economía de mercado se abre paso de forma planificada. Este hecho indica que las autoridades del gigante asiático no desean que su única baza competitiva resida en los bajos costes laborales. También hay que mencionar, aunque no figure en los datos mostrados en la Tabla 1, que una parte muy importante de la inversión proviene del sector privado, lo que constituye un claro indicador de las expectativas puestas en la Nanotecnología como creadora de riqueza a medio plazo.

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>Europa</b>	126	151	179	200	225	400	650	950 <sup>4</sup>	1050 <sup>4</sup>	-	-
<b>Japón</b>	120	135	157	245	465	750	810 <sup>3</sup>	875 <sup>4</sup>	950 <sup>4</sup>	-	-
<b>EE.UU.<sup>1</sup></b>	116	190	255	270	422	604	862	989 <sup>4</sup>	1200 <sup>4</sup>	1351 <sup>5</sup>	1392 <sup>5</sup>
<b>Otros países<sup>2</sup></b>	70	83	96	110	380	520	511 <sup>3</sup>	900 <sup>4</sup>	1000 <sup>4</sup>	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>432</b>	<b>559</b>	<b>687</b>	<b>825</b>	<b>1502</b>	<b>2274</b>	<b>2833</b>	<b>3714</b>	<b>4200</b>	-	-

<sup>1</sup> No incluye las iniciativas de los distintos Estados

<sup>2</sup> Australia, Corea, Canadá, Taiwan, R.P. China, Rusia, Singapur, Europa del Este

<sup>3</sup> Fuente: EU Ref. [7]

<sup>4</sup> Fuente: National Science Foundation (USA)

<sup>5</sup> Fuente: Ref. [16]

Tabla 1. Financiación de la Nanotecnología (M\$/año) en todo el mundo durante el periodo 1997-2007. Esta tabla está basada fundamentalmente en los datos extraídos de la Ref. [15] junto con datos de otras fuentes

No cabe duda que otro punto que ha incentivado la financiación y la expansión de la Nanotecnología es su carácter transversal, multidisciplinar, lo que le permite converger con otras áreas de investigación. Esta convergencia es más evidente con las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC), con la Biotecnología y con la

Ciencia de Materiales. Este carácter multidisciplinar hace de la Nanotecnología una rama científico-técnica costosa, que requiere grandes inversiones económicas para construir y equipar centros donde coexistan líneas con requerimientos de infraestructuras muy diversos. Hay otro punto que se debe mencionar, y es el relacionado con la necesidad de disponer de personal cualificado capaz de moverse en entornos multidisciplinarios. Dicho personal deberá ser formado en el contexto de unos novedosos planes de estudio que completen y superen la super-especialización de los estudios universitarios convencionales. Estos condicionantes implican que una decidida apuesta por la Nanotecnología deberá ser, forzosamente, costosa.

La Nanotecnología está en la prehistoria desde el punto de vista de su desarrollo. Aunque hay algunos bienes de consumo que ya incorporan algún componente de origen nanotecnológico o se usa el reclamo "nano" como marca publicitaria, todavía estamos lejos de los grandes desarrollos que todos esperamos. Dicha revolución tecnológica se basa esencialmente en un cambio de paradigma en cuanto a la fabricación y elaboración de bienes. Las dos aproximaciones a la fabricación en el ámbito de la Nanotecnología son la "top-down" (de arriba a abajo) y la "bottom-up" (de abajo hacia arriba) [17] (ver esquema de la Figura 1a). Mientras que la primera se basa en métodos en los que se busca lo pequeño a partir de lo grande, táctica usualmente empleada ya en las industrias, la segunda aproximación, la verdaderamente revolucionaria es la que busca crear complejidad a partir de elementos funcionales atómicos y moleculares, acercándose a un modo de proceder similar al que la vida ha ido perfeccionando en la Tierra durante los últimos tres mil setecientos millones de años. En esta primera etapa, de incorporación de las Nanotecnologías que estamos viviendo en estos momentos, predominan las técnicas "top-down", que seguramente sobrevivirán aún un largo tiempo. La llegada de las técnicas "bottom-up" requerirá más esfuerzo en investigación básica, y se necesitarán dos o tres décadas más para que existan productos elaborados mediante metodologías "bottom-up" en el mercado (Figura 1b).

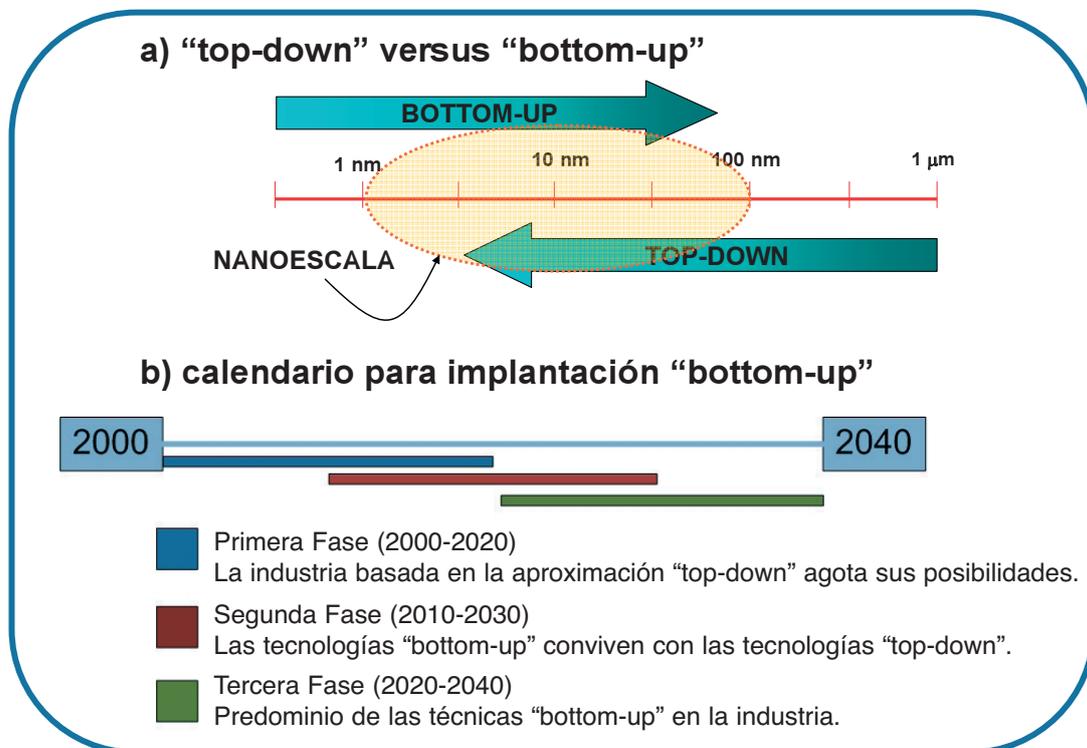
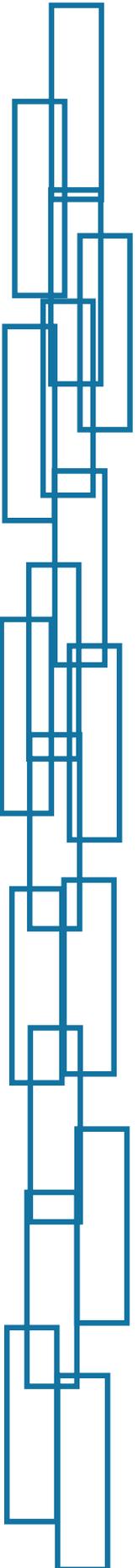


Figura 1. a) Esquema ilustrando el concepto de nanoescala, y el rango de trabajo de los métodos "top-down" y "bottom-up". b) Etapas de implantación de las metodologías "bottom-up" en los procesos de fabricación



Durante esta fase exploratoria que vamos a recorrer en los próximos años se puede afirmar que por cada solución de tipo "top-down" que ya existe, van a emerger varias posibles soluciones de tipo "bottom-up". La mejor metodología "bottom-up" que se aplique industrialmente se seleccionará atendiendo al interés económico (muchas veces lejano del interés científico) definido por los costes de fabricación y la capacidad de la metodología "bottom-up" para adaptarse a los procesos de integración nano-micro-macro de dispositivos y componentes en los productos finales. Además existirán criterios de selección de las técnicas más adecuadas definidos por temas de normativa y seguridad.

Sea cual sea el calendario de desarrollo de la Nanotecnología, de lo que no hay duda es que su carácter transversal y multidisciplinar va a conducir a un fuerte impacto en la sociedad, debido a sus múltiples frentes de aplicación. Cuando se habla del impacto social de las Nanotecnologías [18] se alude a su enorme capacidad para generar materiales, dispositivos e instrumentos que introducirán cambios en procesos de fabricación y en nuestra vida cotidiana. Los sectores que se verán más afectados por la irrupción de las Nanotecnologías serán la industria en general, la medicina, seguridad y defensa, producción y almacenamiento de energía, gestión medioambiental, transporte, comunicaciones, electrónica, educación y ocio. La lista exhaustiva de las aplicaciones que se pueden vislumbrar en cada sector que se ha mencionado es demasiado larga para ser incluida en este informe y ya hay diversos estudios donde se puede acceder a esa información [2,3,18]. Sin embargo es adecuado ilustrar de forma gráfica el enorme potencial de aplicaciones de la Nanotecnología. Este potencial se muestra de forma esquemática en la Figura 2, construido a partir de información obtenida de otro informe [19] y añadiendo algunos elementos nuevos.

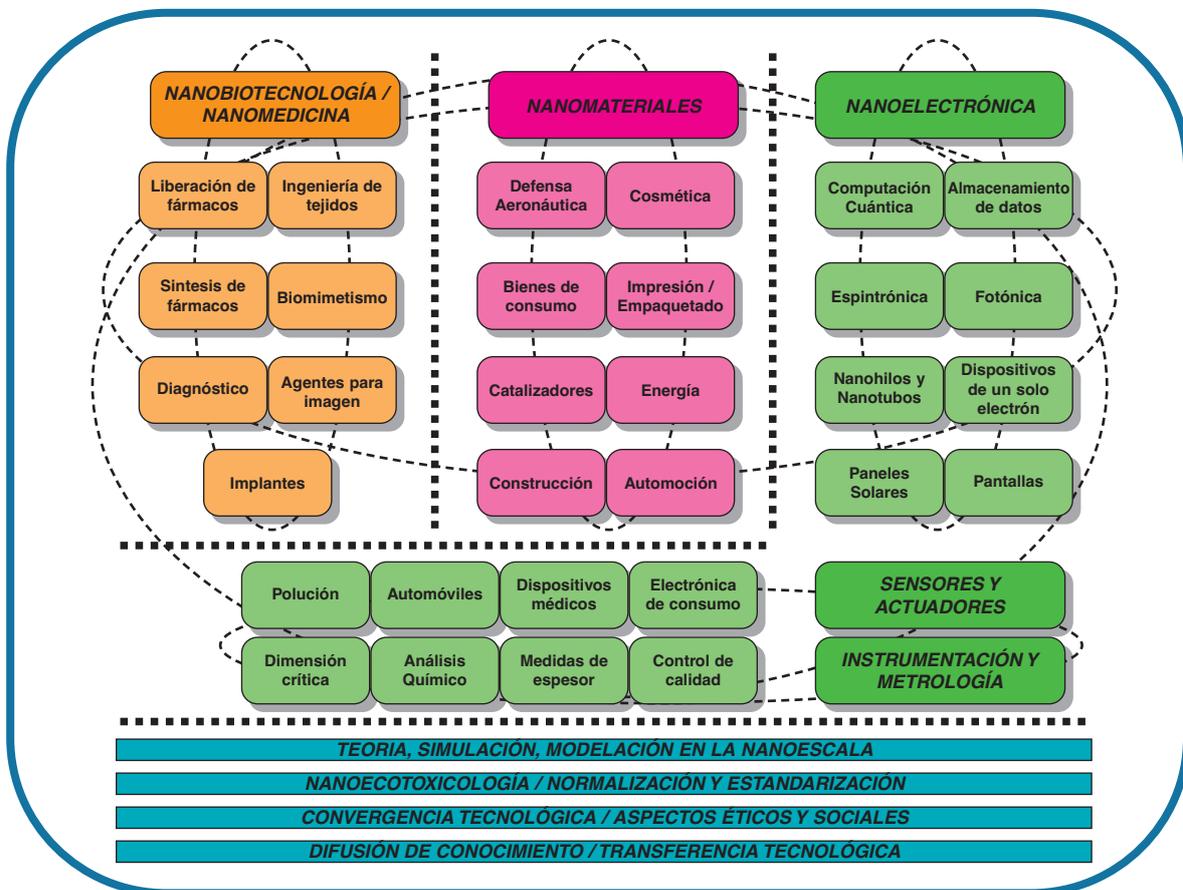


Figura 2. Áreas de aplicación de la Nanotecnología (basada en información de la Ref. [19])

Esta gráfica ilustra que, dada la fuerte convergencia de la Nanotecnología con las áreas de la Electrónica, la Biotecnología y de los Materiales, son las áreas de la Nanoelectrónica, la Nanobiología, y los Nanomateriales las más importantes. Además, en estrecha vinculación con la Nanoelectrónica, aparecen otras grandes áreas de aplicación de tipo transversal como son las de Actuadores y Sensores, e Instrumentación y Metrología. En cada área principal aparecen diversas sub-áreas de aplicación. En la parte inferior se muestran tópicos transversales que afectan a todo el conjunto de áreas y que deben ser tenidos en cuenta por su importancia. Es evidente que esta división es arbitraria y pueden darse diversas maneras de estudiar las aplicaciones de la Nanotecnología. En el presente estudio se incluyen informes sectoriales de acuerdo a una división diferente de las actividades científico-técnicas que se desarrollan por parte de los miembros de NanoSpain. En concreto se ha abordado la división temática que se muestra en la Figura 3.

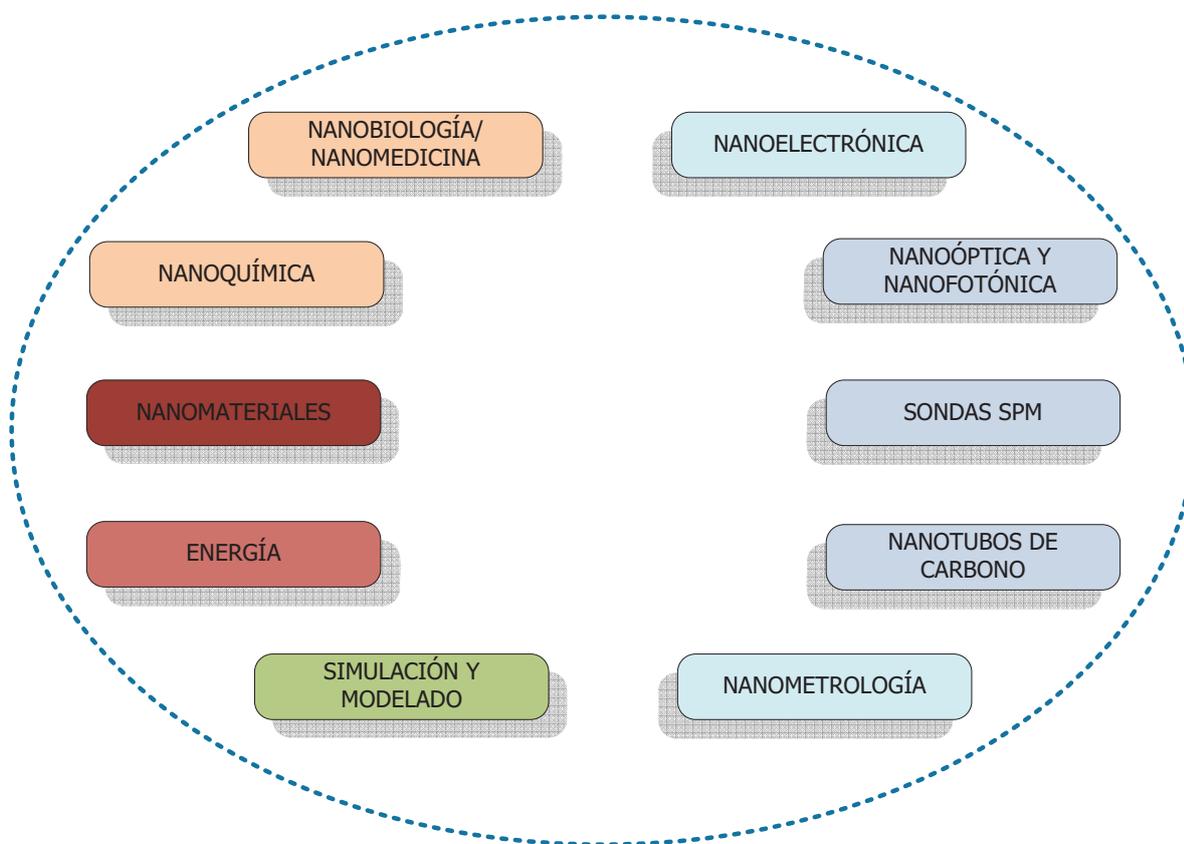
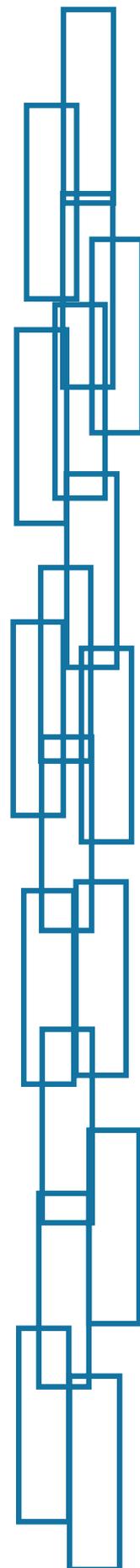


Figura 3. Áreas científico-técnicas de investigación en Nanotecnología descritas en este informe

Como se puede observar, las áreas principales mostradas en la Figura 2 estarán representadas en este informe (con la excepción del área de Sensores y Actuadores). Por otro lado se observa que, con la división dada en la Figura 3, se ha dado un mayor peso a algunas de las sub-áreas mostradas en la Figura 2. Esto es así tanto por la especial relevancia que tienen para la comunidad científica española como por la composición de la Red NanoSpain. En las secciones siguientes a esta introducción se describen algunas de las acciones que dicha comunidad científica ha llevado a cabo para fomentar la Nanotecnología y que permiten entender la situación actual de la Nanotecnología en España, que es el principal objetivo de este informe. A continuación describiremos la actividad de NanoSpain, que ha sido uno de los principales actores para impulsar el tema "nano" en este país.



## 2. El papel de la Red NanoSpain como promotora de la Nanociencia y la Nanotecnología en España

La Red NanoSpain, no es una red al estilo de las que hasta ahora se han planteado en España, bien se hayan autofinanciado o bien hayan sido financiadas por el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC). NanoSpain es una iniciativa de carácter mucho más ambicioso, a imagen de las iniciativas que se siguen en EE.UU. o en Europa (Redes de Excelencia o Acciones Coordinadas [20, 21]). De hecho, persigue unos objetivos ambiciosos que van más allá de los encomendados a una Red convencional y que tienen como fin el fortalecimiento de la dimensión de la NanoCiencia y Nanotecnología española en el Espacio Europeo de investigación e innovación.

A finales de 2007 la Red NanoSpain la integran **234 grupos de investigación y empresas con más de 1500 investigadores.**

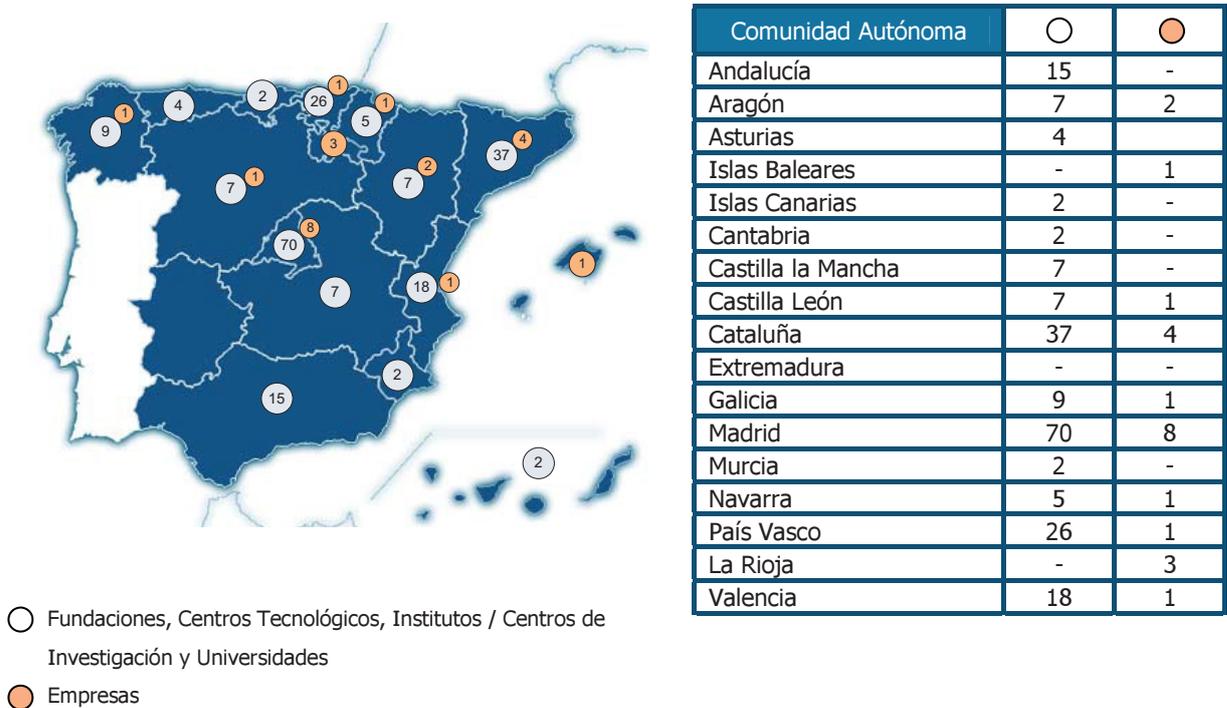


Figura 4. Relación de grupos de NanoSpain por comunidad autónoma

En el Anexo 1 se detallan los nombres de los grupos de investigación que componen la Red, indicando en cada caso el investigador responsable o de contacto en cada grupo. En España, pocas iniciativas y redes cuentan con un número tan elevado de grupos participantes, lo que demuestra dos cosas: la masa crítica que existe en este campo y la iniciativa de los científicos-tecnólogos para coordinarse e intercambiar información.

En la actualidad, el Comité Científico de la Red NanoSpain se compone de los siguientes investigadores, cada uno experto en una de las áreas de interés de dicha iniciativa:

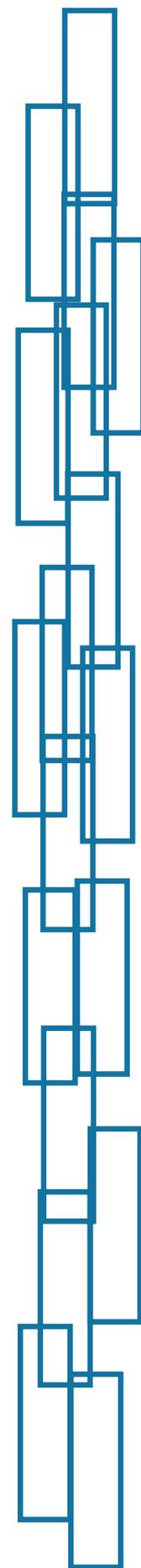
Nombre	Institución	Área de Especialización
Sabino Azcarate	Tecniker	NEMS - MENS
Jaime Colchero	Universidad de Murcia	SPM
Pedro Echenique	Donostia International Physics Center (DIPC)	Modelling
Javier Méndez	Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid-CSIC	SPM
Rodolfo Miranda	Universidad Autónoma de Madrid	Nanomateriales
José Luis Viviente	Fundación INASMET	Nanomateriales
Pablo Ordejón	Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona-CSIC	Modelling
Fernando Palacio	Universidad de Zaragoza	Nanomagnetismo
José M <sup>a</sup> Pitarke	CIC nanoGUNE Consolider	Teoría, Nanomateriales
Emilio Prieto	Centro Español de Metrología	Nanometrología
José Rivas	Universidad de Santiago de Compostela	Nanomateriales
Juan José Sáenz	Universidad Autónoma de Madrid	Teoría y Nanofotónica
Josep Samitier	Parque Científico de Barcelona	Nanobiología y Nanomedicina
Conchita Solans	Instituto de Investigaciones Químicas	Nanoquímica
Jaume Veciana	Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona- CSIC	Nanoquímica

La Red está coordinada por:

- Antonio Correia (Fundación Phantoms) / E-mail: [antonio@phantomsnet.net](mailto:antonio@phantomsnet.net)
- Fernando Briones (CNM-CSIC) / E-mail: [briones@cnm.imm.csic.es](mailto:briones@cnm.imm.csic.es)

El principal objetivo de la Red NanoSpain, gestionada por la Fundación Phantoms [22], es facilitar el intercambio y la transferencia de conocimientos entre los grupos de los distintos agentes del sistema de ciencia-tecnología-empresa, de manera que se fomente la cooperación entre ellos. De esta forma se propicia la creación de nuevas redes de excelencia, plataformas tecnológicas, proyectos de investigación pluridisciplinarios y se mejora la coordinación entre las infraestructuras científico-tecnológicas, así como la vertebración de las comunidades científicas de cara al Espacio Europeo de Investigación. Este objetivo general, por lo tanto, se puede alcanzar con la consecución de los siguientes objetivos parciales:

- Contribuir a la generación de conocimiento en las distintas áreas de la Nanociencia / Nanotecnología.
- Potenciar la visibilidad y la comunicación de los avances de la Nanotecnología en España.
- Fomentar la creación de grupos de I+D multidisciplinares.
- Favorecer la integración de los grupos de I+D españoles en los proyectos Europeos del VII Programa Marco de la U.E.
- Establecer un nexo entre todos los miembros a través de un sitio WEB dinámico, de permanente actualización [23].
- Conectar con otras iniciativas internacionales, regionales o nacionales [24], como las recientes plataformas tecnológicas.
- Participar en eventos científico-técnicos a nivel nacional. La Red colabora en la organización del evento anual "NanoSpain" del cual el principal organizador es la Fundación Phantoms [25].
- Formar grupos de trabajo según temáticas y afinidades.
- Organizar reuniones de cada uno de los grupos temáticos.
- Fomentar nuevas iniciativas (sub-redes, etc.).
- Atraer nuevos laboratorios de empresas y Organismos Públicos a esos grupos de trabajo (Red abierta).
- Elaborar informes por áreas/grupos que sirvan de base para acciones posteriores (como el diseño del Plan Nacional del Ministerio de Educación y



Ciencia, de otros planes regionales de I+D+i, mapas de infraestructuras, etc.) [26].

- Divulgar la Nanotecnología contactando con medios de comunicación. Mejorar la comunicación a la sociedad de los avances que se vayan produciendo en las distintas áreas de la Nanociencia / Nanotecnología.
- Atraer a empresas para su mejor integración en esta nueva área e informarlas de lo que representa para su futuro la Nanotecnología.
- Incrementar la participación de las empresas en las actividades de I+D+I.

### 3. La Nanociencia y la Nanotecnología dentro de los Planes Nacionales de I+D+i

Como ya se ha mencionado anteriormente, una de las actuaciones de más calado por parte de la Red NanoSpain fue la elaboración, a mediados de 2003, de un documento que permitió que el Plan Nacional de I+D+i (PNIDI) 2004-2007 [27] incluyese la Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología (AENCNT). La AENCNT se articulaba en torno a una serie de objetivos temáticos que se recogen en la tabla siguiente.

OBJETIVO	TEMA	ACRÓNIMO
1	Fenómenos fundamentales.	FF
2	Biotecnología, biomedicina y agroalimentación.	BIOMED
3	Energía y medioambiente.	EMA
4	Almacenamiento magnético de información, magnetoelectrónica.	MAG
5	Nanoelectrónica y electrónica molecular, optoelectrónica y fotónica, nanoestructuras semiconductoras.	ELEFOT
6	Dispositivos y máquinas nanométricas, nanomanipulación, nanocaracterización.	MANIP
7	Materiales nanocompuestos.	COMPOS

Tabla 2. Objetivos temáticos dentro de la AENCNT del PN I+D+i 2004-2007

A fecha de hoy la AENCNT ha estado presente en los Planes de Trabajo (PT) de las convocatorias de los años 2004, 2005, 2006 y 2007. En dichas convocatorias se establecieron diferentes formas de participación: proyectos de I+D, acciones complementarias, infraestructuras, proyectos vinculados a Parques Científicos y Tecnológicos, etc. En la Tabla 3 se muestra el esfuerzo inversor hecho en la AENCNT desde diversas unidades gestoras en distintos Ministerios dentro del PNIDI 2004-2007 en el periodo 2004-2006. En conjunto se han aprobado 250 actuaciones diferentes. La cantidad destinada a anticipos reembolsables (dirigidos a empresas) ha ascendido a 17,5 M€ mientras que la cuantía total destinada a subvenciones fue de 15,2 M€.

En todo este esfuerzo no se contemplan las inversiones en Nanotecnología efectuadas dentro del marco del Plan Ingenio 2010 [28,29], que incluyen las actuaciones efectuadas dentro de los programas Consolider, CIBER y CENIT. Asimismo el esfuerzo efectuado por las Comunidades Autónomas (CC.AA.) es una variable desconocida debido a la descoordinación existente hasta ahora entre las unidades gestoras de la Administración General del Estado (AGE) y las consejerías de las CC.AA. Finalmente, la inversión directa en Nanotecnología por parte del sector privado es, igualmente, una cantidad muy difícil de evaluar. Extrapolando lo que ocurre en el conjunto del sistema de I+D+i, se puede estimar que en estos momentos la inversión total anual *per cápita* en Nanotecnología es cercana a 1,3-1,5 €, de los que 0,9-1,1€

corresponden a gasto público. Estas cantidades nos alejan bastante de lo que ocurre en otros países de nuestro entorno y nos relega a los últimos puestos dentro de la UE [30], situación que no debería ocurrir en un país que es la octava economía mundial por su Producto Interior Bruto [31].

<b>AÑO</b>	<b>ACTUACIONES APROBADAS</b>	<b>SUBVENCIÓN CONCEDIDA (k€)</b>	<b>ANTICIPOS REEMBOLSABLES (k€)</b>
2004	37	11.700	0
2005	180	821	7.453
2006	33	2.676	10.044
<b>TOTAL</b>	<b>250</b>	<b>15.197</b>	<b>17.497</b>

Fuente: Dirección General de Investigación del MEC y Sistema de Seguimiento y Evaluación (SISE) del Plan Nacional [29]

Tabla 3. Esfuerzo económico en la AENCNT dentro del PNIDI 2004-2007

Si estudiamos con más detalle el esfuerzo inversor efectuado, encontramos que únicamente ha habido una convocatoria (publicada en 2004) de proyectos de I+D a la que pudieron acceder los grupos de investigación de instituciones públicas y privadas sin ánimo de lucro. Dicha convocatoria distribuyó cerca de 11,7 M€ entre los 23 proyectos seleccionados. En la Tabla 4 se muestra el número de grupos presentados a dicha convocatoria dentro de cada objetivo temático, indicando también el número de grupos cuyo proyecto o subproyecto fue aprobado. El dato más impactante es que 568 grupos de investigación se presentaron a la convocatoria, lo que indica el potencial existente en las Nanotecnologías. En segundo lugar, hay que destacar que las tres áreas en las que se presentaron más propuestas fueron las relacionadas con Biotecnología-Medicina, con Materiales Compuestos y Energía-Medio Ambiente. Este dato revela nuevamente el carácter multidisciplinar del tópico y que nos encontramos ante una concepción amplia e inclusiva de la Nanotecnología. Éstas temáticas están prácticamente de acuerdo con las encontradas en los proyectos de tipo "nano" aprobados en las convocatorias de consorcios CENIT dentro del Programa Ingenio 2010.

<b>OBJETIVOS</b>	<b>Grupos de investigación solicitantes</b>	<b>Grupos de investigación subvencionados.</b>	<b>Tasa de éxito (%)</b>
<b>FF</b>	72	6	8,3
<b>BIOMED</b>	136	32	23,5
<b>EMA</b>	92	18	19,6
<b>MAG</b>	29	3	10,3
<b>ELEFOT</b>	84	17	20,2
<b>MANIP</b>	40	10	25,0
<b>COMPOS</b>	115	7	6,1
<b>Totales</b>	<b>568</b>	<b>93</b>	<b>16,4</b>

Fuente: Dirección General de Investigación del MEC y Sistema de Seguimiento y Evaluación (SISE) del Plan Nacional [29]

Tabla 4. Proyectos presentados y aprobados en la convocatoria 2004 de la AENCNT

Como puede verse en la misma tabla la tasa de éxito (porcentaje de proyectos aprobados con respecto a los proyectos presentados) fue del 16,4%, un número muy bajo. Esta falta de recursos ante el aluvión de peticiones ha generado cierta frustración entre la comunidad científica, que se ha acentuado ante la ausencia de posteriores convocatorias de proyectos de I+D. Como consecuencia positiva de la AENCNT se puede decir que ésta ha servido para poner de manifiesto ante las entidades gestoras del PNIDI el enorme potencial de los grupos de investigación españoles, y ha permitido identificar el grado de cobertura de las diferentes áreas de investigación.

Profundizando un poco más en la convocatoria de proyectos de I+D y en el perfil de los proyectos presentados, podemos establecer la distribución de los mismos por Comunidades Autónomas, lo que permite conocer el potencial de cada una de ellas en las diferentes áreas. La Tabla 5 muestra dicha distribución por CC.AA. y por objetivos temáticos. En esta tabla se puede distinguir con claridad como la Comunidad de Madrid y Cataluña son las CC. AA. que acaparan algo más del 50% de los grupos interesados en desarrollar investigaciones en Nanotecnología, seguidas del País Vasco y de la Comunidad Valenciana. Además se puede ver el potencial de las distintas CC.AA. en cada uno de los objetivos temáticos, observándose como la Comunidad de Madrid y Cataluña siempre ocupan las dos primeras posiciones en cada objetivo. La Comunidad de Madrid y Cataluña muestran tener un potencial similar en los objetivos 1 (FF), 5 (ELEFOT), y 7 (COMPOS). El potencial de Cataluña es superior en lo que se refiere al objetivo 2 (BIOMED). En el resto de los objetivos, la Comunidad de Madrid tiene una posición predominante. Estos datos son de interés de cara a la planificación estratégica y la preparación de actuaciones futuras en el ámbito de la Nanociencia y la Nanotecnología por parte de los gestores del PNIDI.

OBJETIVO TEMÁTICO									
Com. Aut.	FF	BIOMED	EMA	MAG	ELEFOT	MANIP	COMPOS	TOTAL	%
Andalucía	5	10	10	0	3	1	12	41	7,22
Aragón	3	11	1	0	0	3	2	20	3,52
Asturias	5	2	6	1	0	0	5	19	3,35
Baleares	1	0	0	0	1	0	0	2	0,35
Canarias	2	0	2	0	2	0	3	9	1,58
Cantabria	1	1	3	0	0	2	0	7	1,23
Cataluña	20	37	17	5	23	10	22	134	23,59
Castilla León	2	0	3	2	6	0	6	19	3,35
Castilla La Mancha	0	0	1	2	2	1	1	7	1,23
Extremadura	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Galicia	3	12	6	0	4	1	2	28	4,93
La Rioja	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Madrid	19	29	31	13	22	17	24	155	27,29
Murcia	1	2	1	0	0	1	0	5	0,88
Navarra	0	3	0	1	0	0	2	6	1,06
País Vasco	7	16	8	3	3	3	20	60	10,56
Valencia	3	13	3	2	18	1	16	56	9,86
Ceuta y Melilla	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<b>España</b>	<b>72</b>	<b>136</b>	<b>92</b>	<b>29</b>	<b>84</b>	<b>40</b>	<b>115</b>	<b>568</b>	<b>100,0</b>

Tabla 5. Proyectos presentados en la convocatoria 2004 de la AENCNT por objetivos y CC.AA.

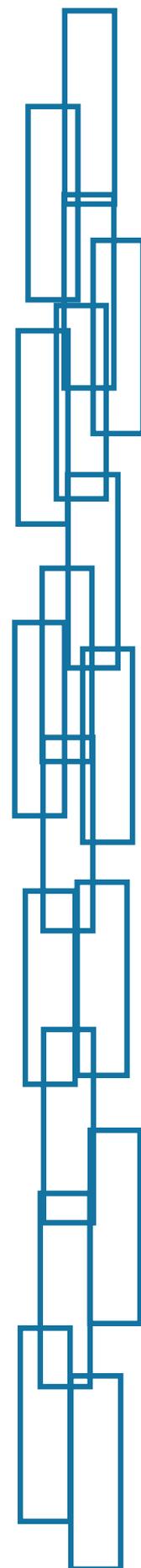
En relación con las futuras actuaciones de la AGE tendentes a financiar la Nanotecnología hay que destacar que en enero de 2008 ha comenzado el nuevo Plan Nacional de I+D+i 2008-2011 que define un nuevo contexto, radicalmente diferente del que hasta ahora existía [32]. El nuevo PNIDI intenta reconducir al sistema de I+D+i, una vez que éste ha alcanzado cierta madurez y masa crítica, y ahora necesita afrontar nuevos retos que surgen de los nuevos contextos nacional e internacional. El nuevo PNIDI se plantea como una oportunidad para cambiar de un enfoque temático a un enfoque instrumental. Los objetivos generales del PNIDI 2008-2011 son: (i) situar a España en la vanguardia del conocimiento; (ii) promover un tejido empresarial altamente competitivo; (iii) desarrollar una política integral de ciencia, tecnología e innovación, imbricando a los ámbitos regionales en el sistema de ciencia y tecnología; (iv) avanzar en la dimensión internacional como base para el salto cualitativo del sistema; (v) conseguir un entorno favorable a la inversión en I+D+i; y (vi) fomentar la cultura científica y tecnológica de la sociedad.

Desde el punto de vista operativo, desaparecen los Programas Nacionales tal y como se concebían hasta ahora (un extensísimo catálogo de líneas de investigación) y se enfatiza la definición de instrumentos conducentes a minimizar el número de convocatorias y agilizar su gestión. Aparecen también otros instrumentos, las Acciones Estratégicas, que permiten focalizar esfuerzos y recursos con el fin de poner en valor las investigaciones realizadas, así como su valorización y transformación en procesos, productos y servicios para la sociedad. Una de las Acciones Estratégicas es la correspondiente a "Nanociencias y Nanotecnologías, Nuevos Materiales y Nuevos Procesos Industriales". Esta Acción Estratégica se estructura en siete líneas científico-técnicas que se muestran en la Tabla 6. Es muy importante mencionar que la nueva Acción Estratégica tiene poco que ver con la anterior Acción Estratégica en cuanto a concepto, diseño, capacidad de financiación y de gestión.

Vinculadas a esta nueva Acción Estratégica existen varias líneas instrumentales (Recursos Humanos, Proyectos, Fortalecimiento Institucional, Infraestructuras, Utilización del Conocimiento y Articulación e Internacionalización del Sistema) con sus correspondientes instrumentos, así como indicadores de seguimiento que permitirán conocer el desarrollo e impacto de todas las actuaciones. De esta forma la nueva Acción Estratégica se presenta como una entidad con vida propia, con más recursos y más frentes que cubrir. En el momento de escritura de este informe se están detallando todas las líneas instrumentales e instrumentos concretos. Sin embargo, lo que es seguro es que la nueva Acción Estratégica pretende acercar el conocimiento generado en los grupos de investigación a las empresas con el fin de que este revierta en la sociedad, lo que implicará un esfuerzo por parte de todos los actores del sistema.

Línea
1. Nanotecnologías aplicadas en materiales y nuevos materiales en el ámbito de la salud.
2. Nanotecnologías para la información y telecomunicaciones.
3. Nanotecnologías en relación con la industria y el medioambiente.
4. Materiales inteligentes basados en el conocimiento con propiedades a medida y materiales y recubrimientos de altas prestaciones para nuevos productos y procesos.
5. Avances en tecnología y procesado de materiales.
6. Desarrollo y validación de nuevos modelos y estrategias industriales. Nuevas tecnologías para el diseño y los procesos de fabricación. Producción en red.
7. Explotación de tecnologías convergentes.

Tabla 6. Líneas de la Acción Estratégica en Nanociencias y Nanotecnologías, Nuevos Materiales y Nuevos Procesos Industriales del PN I+D+i 2008-2011



## 4. Otras iniciativas españolas en Nanotecnología

En apartados anteriores ya hemos descrito cómo la acción de la Red NanoSpain, formada por investigadores de todo el país (y con muy poco apoyo económico), fue decisiva para la implantación de la Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología. Este esfuerzo inicial de los investigadores fue seguido de otras iniciativas de carácter institucional lideradas por Universidades, Comunidades Autónomas, etc. Desde un primer momento, la Generalitat de Cataluña jugó un papel relevante en el fomento de la Nanotecnología mediante una Acción Especial de desarrollo de la Nanociencia y Nanotecnología en Cataluña, financiando estancias posdoctorales en centros de investigación de prestigio, y articulando la creación de dos instituciones: el Laboratorio de Investigación en Nanobioingeniería (CREBEC) perteneciente al Instituto Catalán de Bioingeniería (IBEC) [33] y el Instituto Catalán de Nanotecnología [34].

Tras estas iniciativas siguieron otras, como la creación del Instituto de Nanociencia de Aragón (INA) [35] o la Unidad de Nanotecnología de la Universidad de Oviedo [36]. Más reciente han seguido la constitución del centro CIC-nanoGUNE en el País Vasco [37] y la del centro IMDEA Nanociencia [38] apoyado por el Gobierno de la Comunidad Autónoma de Madrid y el Ministerio de Educación y Ciencia. En el último caso hay que mencionar que el centro comenzó a planificarse hace cinco años y ha pasado por una larga historia de vicisitudes hasta encontrar su formato actual. El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) [39] no se ha quedado al margen de estas iniciativas y ha diseñado el Eje-Nano dentro su Plan Estratégico para el periodo 2006-2009. Dentro de este Eje el CSIC está fomentando la creación de nuevos centros como el Instituto de Nanotecnología de Asturias [40] en colaboración con la Universidad de Oviedo y el Principado de Asturias, y el Centro de Investigación en Nanociencia y Nanotecnología (CIN2) ubicado en Barcelona [41] en colaboración con el Gobierno de Cataluña y la Universidad Autónoma de Barcelona.

Otros centros de I+D de ámbito "nano" están en fase embrionaria (como ocurre en Andalucía con BIONAND [42]) y en breve espacio de tiempo habrá una red de centros que permitirá a nuestro país ser competitivos dentro del Espacio Europeo de Investigación. La Figura 5 ilustra la distribución geográfica de los centros de I+D dedicados a Nanotecnología y que ya están en pleno funcionamiento, en fase de diseño o construcción, o en fase de estudio. Para finalizar con esta relación de iniciativas destinadas a poner en marcha centros de I+D, debemos mencionar el Laboratorio Ibérico Internacional de Nanotecnología (INL) [43], cofinanciado por los Gobiernos de España y Portugal, y que estará ubicado en Braga (Portugal), lo que contribuirá a la internacionalización de la ciencia española en este tópico.

No sólo se han concentrado los esfuerzos en erigir nuevos centros de I+D. Las Comunidades Autónomas también han facilitado la creación de entidades dedicadas al intercambio de información y transferencia de conocimiento dentro del sistema de I+D como el Círculo de Innovación Tecnológica en Microsistemas y Nanotecnologías de la Comunidad de Madrid (CIMTAN) [44] o de redes regionales de investigadores como ha ocurrido en Galicia con la red "NanoGalicia" [45].

El País Vasco lleva varios años apostando por la investigación en nanociencia y nanotecnología, que ya aparecían como áreas prioritarias del Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación 2001-2004 del Gobierno Vasco. El principal instrumento desde el que se ha planteado la investigación en nanociencia y nanotecnología, ha sido el Programa de Investigación Estratégica ETORTEK, en cuyo marco se han ejecutado en el periodo 2005-2007 dos grandes proyectos en los últimos 5 años: NANOMATERIALES, centrado en la generación de conocimiento en el campo de los

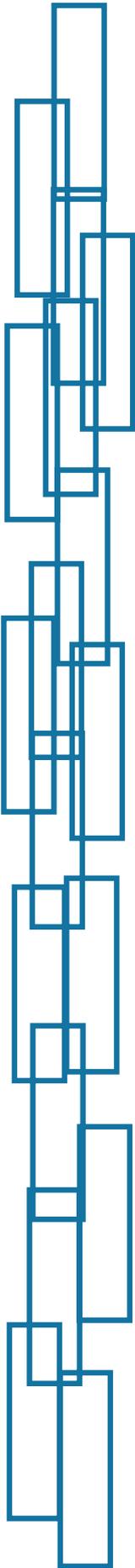
nanomateriales desde una perspectiva de la ciencia e ingeniería de materiales, y NANOTRON, centrado en la generación de conocimiento en nanosistemas y nanoelectrónica.



Figura 5. Mapa de centros de I+D dedicados a Nanotecnología

La culminación de las iniciativas de investigación en nanociencia y nanotecnología en el País Vasco ha sido la concesión, en el marco del Programa Consolider-Ingenio 2010, del Proyecto "CIC nanoGUNE Consolider" orientado hacia la puesta en marcha del CIC nanoGUNE como nuevo centro de I+D en nanociencia y nanotecnología [37]. Sin embargo, no todo termina aquí, y el Gobierno Vasco, ha diseñado la Estrategia nanoBASQUE 2015, orientada a promocionar la nanotecnología hacia el ámbito empresarial y así incrementar la competitividad industrial del País Vasco. El resultado global que se espera obtener para el año 2015 es el de contar con una comunidad de conocimiento con una masa crítica investigadora consolidada y un nuevo sector económico competitivo posibilitado por la nanotecnología. Uno de los pilares fundamentales sobre los que se asienta la Estrategia nanoBASQUE 2015 es, el ya mencionado, Centro de Investigación Cooperativa en Nanociencias – CIC nanoGUNE, que desarrolla el concepto de investigación cooperativa, ya puesto en práctica con éxito en varios casos en la Comunidad Autónoma del País Vasco.

Todos los centros de investigación en marcha se volcarán en la importantísima tarea de la transferencia tecnológica. Sin embargo, esta actividad de difusión seguirá desarrollándose por el fuerte entramado creado en los últimos años de Parques Científicos y Tecnológicos [46], por las oficinas de transferencia de tecnología de las universidades y OPIS, y por multitud de Centros Tecnológicos como TECNALIA (INASMET- TECNALIA, LABEIN y ROBOTIKER) o IK4 (CEIT, CIDETEC, GAIKER, IDEKO, IKERLAN, TEKNIKER y VICOMTech). También eclosionarán redes sectoriales orientadas a sectores productivos concretos como ocurre con la Red RENAC (red para la aplicación de nanotecnologías en materiales y productos para la construcción y el hábitat) [47] o Suschem (Plataforma Tecnológica Española de Química Sostenible) [48].



Estas estrategias de difusión se refuerzan con otras actividades complementarias, pero decisivas. Como ejemplo mencionaremos que el Instituto Español de Comercio Exterior – ICEX – está colaborando, de manera activa, en la promoción y divulgación científica a distintos niveles dentro del campo de la nanotecnología. Gracias a su “Plan Tecnológico” en Nanotecnología (coordinado por la Fundación Phantoms) ha sido posible, por primera vez, la participación de un pabellón Español en la feria internacional Nanotech 2008 en Japón, una de las más importantes en el área de la Nanotecnología con más de 50.000 visitantes [49]. Esta iniciativa de internacionalización de nuestro conocimiento más aplicado tendrá continuidad con otras similares en otros países tanto en la UE, EE.UU., como en Asia, hacia donde se dirigen todas las miradas que analizan la economía mundial.

Otras entidades están contribuyendo a realizar estudios sobre la Nanotecnología, fomentando la difusión de la misma en distintos entornos. En esta dirección, la Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECyT) [50] promovió una Acción Piloto para el desarrollo de las Nanotecnologías durante el periodo 2004-2005. Dicha Acción facilitó la celebración de dos encuentros “Spanish Nanotechnology Think Tank” (SNT3) entre empresarios y científicos en los que se establecieron contactos para definir área de impacto de la Nanotecnología en la industria española. La Fundación para la Innovación de Bankinter [51] ha realizado un informe en el que aborda el estudio de la Nanotecnología usando un enfoque de tipo económico y analizando las variables que pueden acelerar/decelerar su implantación en España. Por su parte la Escuela de Organización Industrial (EOI) [52] ha promocionado los estudios sobre convergencia tecnológica Nano-Bio-Info-Cogno [53]. A finales de 2007, el CIMTAN ha lanzado un informe de vigilancia tecnológica “Nanotubos de Carbono: Aplicaciones” [54] muy orientado al tejido industrial español. La iniciativa M4nano (Modelling for Nanotechnology [54] ha contribuido en la preparación de un informe sobre “Modelización en la nanoescala” que se publicara en el año 2008 proporcionando una visión general del estado del arte en este área de investigación [56]. Para terminar este recorrido por el gran número de estudios e informes que han aparecido en los últimos dos años mencionaremos que la Fundación Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI) [57] presentará a principios de 2008 su informe “Aplicaciones Industriales de las Nanotecnologías en España en el Horizonte 2020” en el que muestra el impacto de las Nanotecnología en cada uno de los sectores industriales, analizando el potencial de cada sector desde las perspectivas científico-tecnológica y de capacidad industrial, su posible mercado, etc.

Este apartado dedicado a las iniciativas existentes en España en el ámbito de las Nanotecnologías no puede terminar sin mencionar aquellas actividades que tienen que ver con la divulgación científica. En este sentido podemos señalar el lanzamiento de las revistas “Hoja Nanotecnológica” [58] o “E-Nano Newsletter” [59], el concurso y exposición sobre imágenes científicas del nanomundo (SPMAGE07) [60], que ha dado lugar a una exposición itinerante que recorrerá varias ciudades españolas, o el lanzamiento en 2008 de una Unidad Didáctica de Nanotecnología por parte de la FECyT, que se distribuirá por todos los Institutos de Educación Secundaria y Bachillerato de España. También hay que mencionar aquí la gran cantidad de repositorios de información y de blogs dedicados a la difusión de noticias especializadas en Nanotecnología.

Ha quedado claro que las actividades relacionadas con la promoción de la Nanotecnología realizadas a lo largo de los últimos cinco años han sido muchas y muy variadas. Esto es un claro indicador de la efervescencia que vive en la actualidad el sistema español de I+D+i, consciente de la necesidad de converger rápidamente con la UE en lo que se refiere a desarrollar una investigación de calidad, para lo cual se necesita una acertada planificación a medio y largo plazo, con visión de futuro y que

tenga en cuenta nuestras fortalezas y debilidades dentro de un contexto internacional totalmente globalizado, una adecuada financiación de las iniciativas, una red de centros bien equipados, ágiles y competitivos, y personal altamente cualificado, capaz de desarrollar trabajos de investigación en un entorno multidisciplinar.

## 5. ¿Dónde estamos? ¿Hacia dónde vamos?

En las secciones anteriores de este capítulo se ha efectuado una descripción general de la situación de la Nanotecnología en España, describiendo gran parte de lo que se ha hecho en estos últimos años por los distintos actores del sistema español de I+D+i, entre los que destaca la Red NanoSpain.

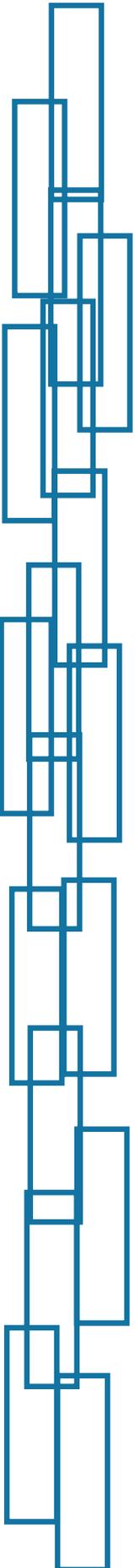
Además de proporcionar una visión general, de conjunto, este informe tiene como pretensión describir la situación actual de las diferentes áreas que se han mencionado con anterioridad. Este análisis pormenorizado se lleva a cabo en el resto del informe. Con todos los datos aportados se puede hacer una buena fotografía de la situación actual, a principios de 2008, cuando se inicia la andadura de un nuevo Plan Nacional de I+D+i, en un momento de inflexión en la ciencia española, con la conversión del CSIC en Agencia, con la previsible creación de la Agencia de Evaluación, Financiación y Prospectiva de la Ciencia Española, y con la puesta en marcha de nuevos centros dedicados a Nanotecnología.

Sin embargo, no queremos dejar pasar la oportunidad de ir un poco más allá y de hacer cierta prospectiva, muy modesta, en el ámbito de cada una de las temáticas que se van a desarrollar más tarde. Para esto se ha solicitado a los expertos que han redactado cada uno de los informes sectoriales, que respondan a un sencillo cuestionario en el que se plantean las siguientes cuestiones:

- ¿Qué instrumentos, dispositivos o bienes de consumo relacionados con esta rama de la Nanotecnología cree que estarán en el mercado entre 2010 y 2015? ¿Y más allá de 2015?
- ¿Cree que dichos instrumentos, dispositivos o bienes de consumo se fabricarán por industrias españolas?
- ¿Cómo será el grado de dependencia del exterior en este campo?
- ¿Qué medidas habría que tomar para disminuir la dependencia del exterior?

Dichas preguntas intentan averiguar algunas tendencias de futuro para cada sector. Los diagramas que se muestran en las Figuras 6-13 incluyen de forma resumida las respuestas dadas por los expertos. Estas reflexiones, aunque sin valor estadístico, seguramente representan bien el sentir de las comunidades científicas vinculadas a los diversos sectores. El dato más relevante es que el grado de dependencia del exterior es menor en los temas relacionados con Energía, Fotónica y Nanobiología-Nanomedicina, precisamente en los que España tiene algunas empresas de cierto peso (energías renovables, paneles solares y compañías farmacéuticas).

No vamos a profundizar más en todos estos temas porque en esta introducción no pretendemos realizar conclusión alguna, ya que éstas serán presentadas en el último capítulo del informe. Por lo tanto, dejamos para ese momento el análisis de todo el contenido del informe así como la elaboración de unas propuestas y recomendaciones para asentar y fortalecer la senda emprendida por la comunidad "nano" en estos últimos años.



## MICROSCOPIA DE PROXIMIDAD SPM

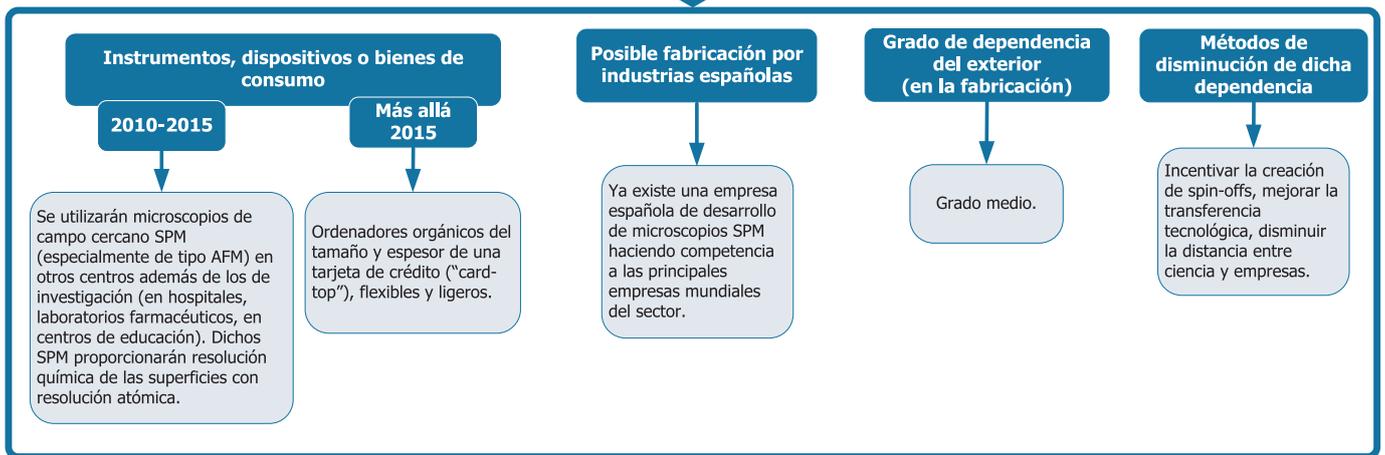


Figura 6. Esquema de las tendencias de futuro relacionadas con las técnicas SPM

## NANOQUÍMICA



Figura 7. Esquema de las tendencias de futuro relacionadas con la Nanoquímica

## NANOTUBOS DE CARBONO



Figura 8. Esquema de las tendencias de futuro relacionadas con los Nanotubos de Carbono

## NANOBIOLÓGÍA/NANOMEDICINA

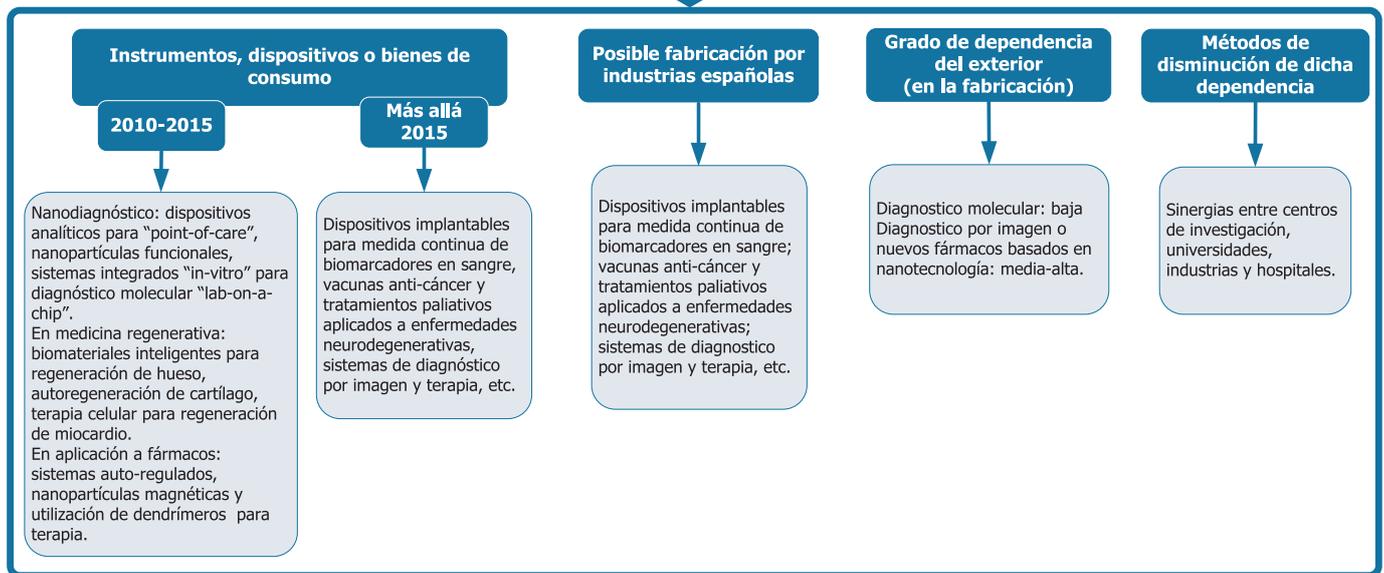


Figura 9. Esquema de las tendencias de futuro relacionadas con la Nanobiología/Nanomedicina

## ENERGÍA

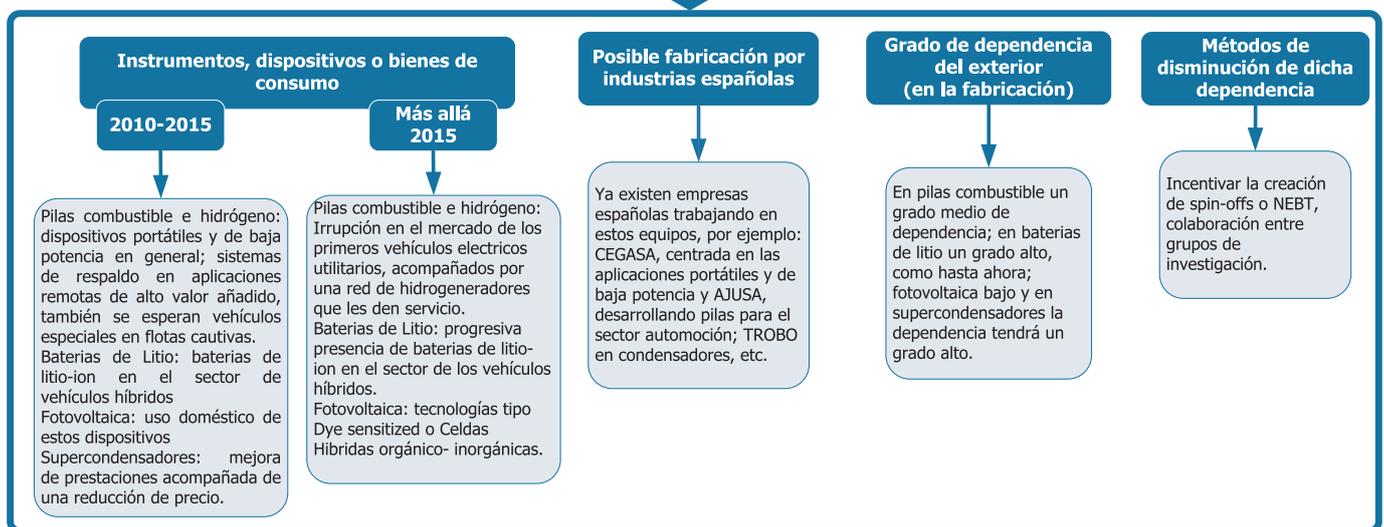


Figura 10. Esquema de las tendencias de futuro relacionadas con la Energía desde la perspectiva de la Nanotecnología

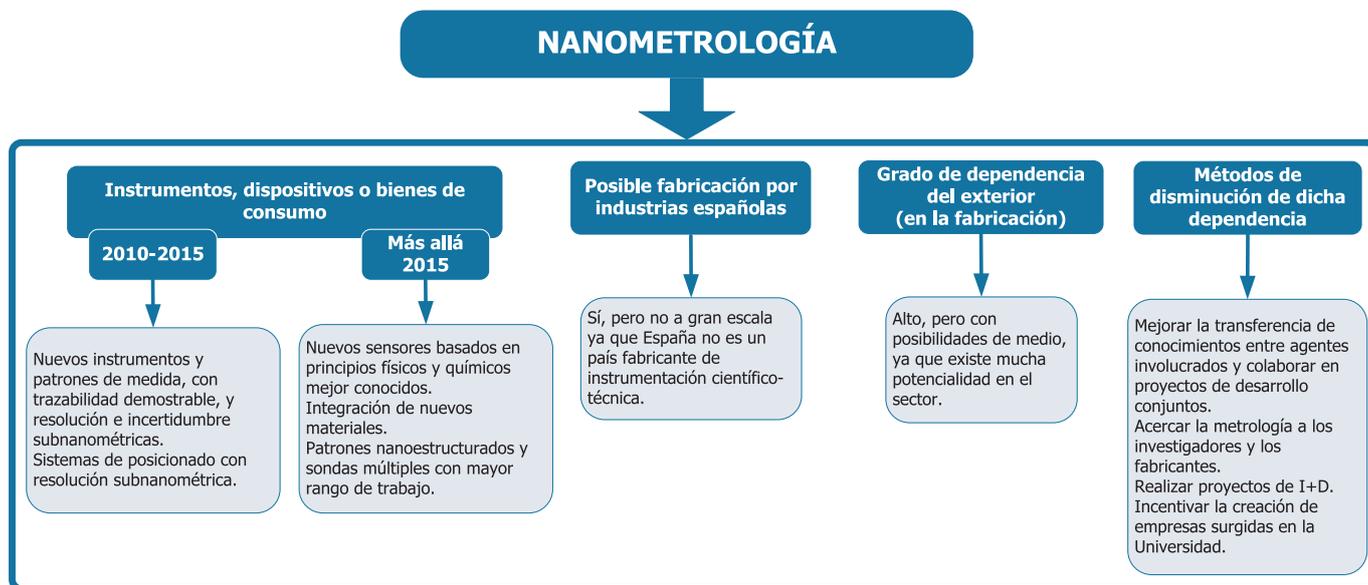


Figura 11. Esquema de las tendencias de futuro relacionadas con la Nanometrología

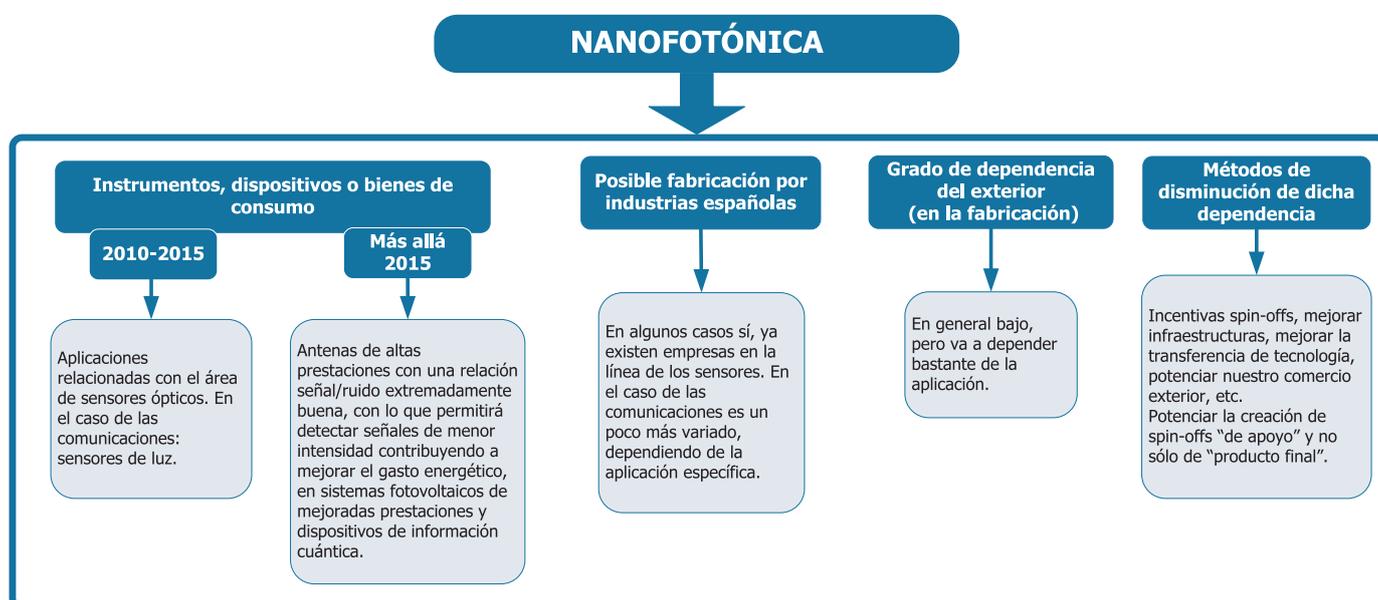


Figura 12. Esquema de las tendencias de futuro relacionadas con la Nanofotónica

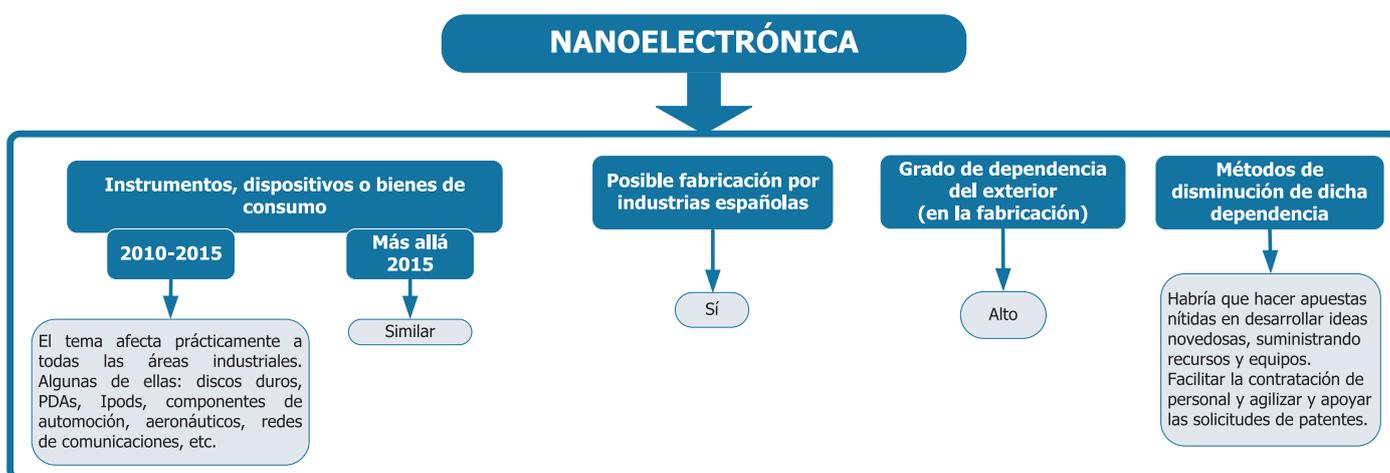


Figura 13. Esquema de las tendencias de futuro relacionadas con la Nanoelectrónica

## 6. Bibliografía

- [1] P. A. Serena y A. Correia, "Nanotecnología: el motor de la próxima revolución tecnológica", *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, 9, 32-42 (2003).
- [2] A. Correia, M. Pérez, J. J. Sáenz y P. A. Serena, "Nanotechnology applications: a driving force for R&D investment", *Phys. Stat. Sol.* 204, 1611-1622 (2007).
- [3] A. Correia, M. Pérez, J. J. Sáenz y P. A. Serena, "Nanoscience and nanotechnology: driving research and applications", *Phys. Stat. Sol. (RRL)* 1, A68-A72 (2007).
- [4] A. Correia, J.J. Sáenz y P.A. Serena, "El lento despertar de la Nanotecnología en España", *Revista Sistema Madri+d*. Vol. 15. 3-7 (Abril, 2006).
- [5] "Marks & Clerk Nanotechnology Report" (Marks & Clerk, Oxford, 2006).
- [6] US National Nanotechnology Initiative (NNI): <http://www.nano.gov>
- [7] "Some Figures about Nanotechnology R&D in Europe and Beyond", European Commission, Research DG: <http://cordis.europa.eu.int/nanotechnology>
- [8] UE FP6 NMP Program: <http://www.cordis.lu/nmp/home.html>
- [9] UE FP6 "Emerging Nanoelectronics" Proactive Initiative: <http://www.cordis.lu/ist/fet/nid.htm>
- [10] UE FP7: [http://cordis.europa.eu/fp7/cooperation/nanotechnology\\_en.html](http://cordis.europa.eu/fp7/cooperation/nanotechnology_en.html)
- [11] EU FP7 Nanotechnology funding opportunities: [http://cordis.europa.eu/nanotechnology/src/eu\\_funding.htm](http://cordis.europa.eu/nanotechnology/src/eu_funding.htm)
- [12] EU FP7 Technological Platforms: [http://cordis.europa.eu/technology-platforms/home\\_en.html](http://cordis.europa.eu/technology-platforms/home_en.html)
- [13] [http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/documents/ev\\_20040301\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/documents/ev_20040301_en.pdf)
- [14] A. Nordmann, "Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies". (Se puede acceder al documento en la página Web [http://www.ntnu.no/2020/final\\_report\\_en.pdf](http://www.ntnu.no/2020/final_report_en.pdf)).
- [15] "International Perspective on Government Nanotechnology Funding in 2005", M.C. Roco, *Journal of Nanoparticle Research*, Vol. 7(6) (2005).
- [16] "US National Nanotechnology Initiative (NNI) budget overview" en la dirección web: <http://www.nano.gov/html/about/funding.html> (Se puede consultar también el documento: [http://www.nano.gov/pdf/NNI\\_FY08\\_budget\\_summary-highlights.pdf](http://www.nano.gov/pdf/NNI_FY08_budget_summary-highlights.pdf)).
- [17] C. P. Poole and F. J. Owens, "Introduction to the Nanotechnology", Wiley-VCH, Weinheim (2003).
- [18] "Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology", Editado por M. Roco y W. S. Brainbridge (Kluwer Press, Boston, 2001) (se puede obtener el documento en <http://www.wtec.org/loyola/nano/NSET.Societal.Implications>).

[19] "Nanotechnology: Technology and market dynamics- a unique opportunity" (Oxford Instruments, 2006).

[20] Red NanoForum (financiada por la Unión Europea hasta julio del 2007 – programa NMP): <http://www.nanoforum.org>

[21] Acción coordinada nanoICT (financiada por la Unión Europea – programa ICT/FET): <http://www.nanoICT.org>

[22] La Fundación Phantoms (<http://www.phantomsnet.net>), entidad sin ánimo de lucro, fundada en noviembre de 2002, proporciona una plataforma de servicios e información para grupos de investigación que desarrollan su actividad en el campo de la Nanociencia y Nanotecnología.

La Fundación Phantoms es organizador de eventos:

- A nivel nacional con NanoSpain (<http://www.nanospainconf.org>).
- A nivel europeo con Molecular Imaging (<http://www.phantomsnet.net/molimag/>), NanobioEurope, (<http://www.phantomsnet.net/Events/nanoEu08.php?project=1>) y SMS (<http://www.phantomsnet.net/SMS2007/index.php>).
- A nivel internacional con la serie de congresos Trends in Nanotechnology ("TNT" - [www.tntconf.org](http://www.tntconf.org)). Evento consolidado en la comunidad científico-tecnológica a nivel internacional con un alto número de participantes (alrededor de 400) y se ha constituido como cita obligada de todos los que investigan y/o trabajan en Nanociencia y Nanotecnología.

[23] Red Española de Nanotecnología: <http://www.nanospain.org>

[24] El congreso "NanoSpain2008", organizado en colaboración con 2 redes nacionales i.e. NanoSpain y PortugalNano (<http://www.portugalnano.eu>), servirá de plataforma para promover la Cooperación Científica entre España y Portugal (plasmada en la construcción del Laboratorio Internacional Ibérico de Nanotecnología que estará operativo en el 2008).

[25] La edición del 2008 (Braga, Portugal) permitirá promover la interacción interdisciplinar entre especialistas en distintas áreas de NanoCiencia y Nanotecnología de tres países i.e. España, Portugal y Francia:  
<http://www.nanospainconf.org/2008/index.php?conf=08>

[26] El estudio realizado en el año 2005 con la colaboración de la Red NanoSpain (coordinado por la Fundación Phantoms y financiado por la FECyT) se centro en las actividades y necesidades en el área de las Nanociencias/Nanotecnologías para: 1) El establecimiento de un mapa de infraestructuras necesarias en ámbito "nano" durante el periodo 2005-2010 en España. 2) La mejora de la formación de técnicos.  
[http://www.nanospain.org/nanospain\\_Informe.htm](http://www.nanospain.org/nanospain_Informe.htm)

[27] Plan Nacional de I+D+i 2004-2007: [http://www.mec.es/ciencia/plan\\_idi](http://www.mec.es/ciencia/plan_idi)

[28] Plan Ingenio 2010: <http://www.ingenio2010.es>

[29] Sistema Integral de Seguimiento del Plan Nacional: <http://sise.fecyt.es>

[30] "Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías", Comisión Europea, COM (2004) 338.

[31] "World Development Indicators database", World Bank (2006).

- [32] Plan Nacional de I+D+i 2008-2011: <http://www.plannacionalidi.es>
- [33] Laboratorio de Nanobioingeniería del Parque Científico de Barcelona: <http://www.nanobiolab.pcb.ub.es>
- [34] Instituto Catalán de Nanotecnología (ICN): <http://www.nanocat.org>
- [35] Instituto de Nanociencia de Aragón (INA): <http://ina.unizar.es>
- [36] Unidad de Nanotecnología de la Universidad de Oviedo: <http://www10.uniovi.es/scts/servicios/cristo/nanotec/servicioCC14presentacion.html>
- [37] CIC nanoGUNE: <http://www.nanogune.eu>
- [38] Madrid Institute of Advanced Studies in Nanoscience (IMDEA-Nanociencia): <http://www.imdea.org/Institutos/Nanociencia>
- [39] Consejo Superior de Investigaciones Científicas: <http://www.csic.es>
- [40] Instituto Universitario de Nanociencia de Aragón (INA): <http://ina.unizar.es>
- [41] Centro de Investigación en Nanociencia y Nanotecnología: <http://www.cin2.es>
- [42] BIONAND, ver la información que aparece en las páginas Web: <http://www.imabis.org/viewnew.aspx?id=203>, <http://www.pta.es>
- [43] Ver la información que aparece en las páginas Web: <http://www.lamoncloa.es> y <http://www.umic.pt/index.php>
- [44] Círculo de Innovación Tecnológica en Microsistemas y Nanotecnologías de la Comunidad de Madrid: <http://www.madrimasd.org/materiales/default.aspx>
- [45] Red NanoGalicia: <http://www.nanogalicia.net>
- [46] Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos (APTE): <http://www.apte.org>
- [47] Red Renac: <http://www.nano-renac.com>
- [48] Suschem: <http://www.pte-quimicasostenible.org>
- [49] El pabellón español (coordinado por la Fundación Phantoms en la feria nanotech2008) estuvo formado por doce empresas e instituciones representantes de diversos campos de la nanotecnología, que acudieron a esta cita con el objetivo de representar globalmente a los agentes científicos, tecnológicos y de innovación del mundo, fomentar las relaciones profesionales con otros participantes de esta feria, promocionar la cultura española de la innovación, mejorar la integración del sistema español "Ciencia-Tecnología-Empresa-Sociedad" en Europa y Asia, generar y desarrollar el conocimiento científico y tecnológico y mejorar la competitividad y contribuir al desarrollo económico y social de España: <http://www.phantomsnet.net/nanotech2008/index.php?project=1>
- [50] Fundación Española de Ciencia y Tecnología: <http://www.fecyt.es>
- [51] Proyecto "Future Trends Forum" de la Fundación de la Innovación Bankinter: <http://www.ftforum.org/nanotecnologia.htm>

- [52] Escuela de Organización Industrial: <http://www.eoi.es>
- [53] "Convergencia NBIC 2005. El desafío de la Convergencia de las Nuevas Tecnologías (Nano-Bio-Info-Cogno)", E. Fontela, *et al.* Editado por la Fundación Escuela de Organización Industrial. ISBN 84-88723-67-9. D. Legal M.7.429-2006 (2006).
- [54] <http://www.madrimasd.org/cimtan/Informes/default.aspx>
- [55] Iniciativa M4nano (Modelling for Nanotechnology): <http://www.m4nano.com>
- [56] "Report on multiscale approaches to modelling for nanotechnology" - Editors: Massimo Macucci, Stephan Roche and Antonio Correia, to be published (2008).
- [57] Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial: <http://www.opti.org>
- [58] Revista "Nanotecnología: Hoja Informativa" editada por Nanotecnología Mundo y patrocinada por la Universidad de Oviedo: <http://nanotecnologiahojainformativa.net>
- [59] Revista trimestral "E-Nano Newsletter" editada por la Fundación Phantoms: <http://www.phantomsnet.net/Foundation/newsletters.php?project=1>
- [60] International Scanning Probe Microscope Image Prize 2007 (SPMAGE07): <http://www.icmm.csic.es/spmage07>

