

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS

Bruselas, 12.5.2004
COM(2004) 338 final

COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN

Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías

COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN

Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías

ÍNDICE

Síntesis 3

1.	Introducción	4
1.1.	¿Qué es la nanotecnología?	4
1.2.	Importancia de la nanotecnología	4
1.3.	¿Como garantizar un desarrollo seguro de la nanotecnología?	7
2.	Financiación y actividades de I+D en el ámbito de las nanotecnologías en el mundo	7
2.1.	I+D sobre nanotecnología en terceros países.....	8
2.2.	I+D sobre nanotecnología en Europa.....	8
3.	El camino hacia lo infinitamente pequeño: Cinco dinámicas para estimular el progreso	10
3.1.	Investigación y desarrollo: aumentar el impulso	10
3.2.	Infraestructura: «Polos de excelencia» europeos.....	14
3.3.	Inversion en recursos humanos.....	16
3.4.	Innovación industrial, del conocimiento a la tecnología.....	18
3.5.	Integrar la dimensión social.....	22
4.	salud pública, seguridad, PROTECION medio ambientAL y DE los consumidores	24
5.	Un paso adelante: cooperación internacional	25
Anexo:	Estimación de la financiación pública dedicada a la nanotecnología.....	27

SÍNTESIS

Las nanociencias y las nanotecnologías son nuevas áreas de investigación y desarrollo (I+D) cuyo objetivo es el control del comportamiento y la estructura fundamental de la materia a nivel atómico y molecular. Estas disciplinas abren las puertas a la comprensión de nuevos fenómenos y al descubrimiento de nuevas propiedades susceptibles de ser utilizables a escala macroscópica y microscópica. Las aplicaciones de las nanotecnologías son cada vez más visibles y su impacto se dejará sentir pronto en la vida cotidiana.

A lo largo de la última década, la Unión Europea (UE) ha desarrollado una importante base de conocimientos en el ámbito de las nanociencias. Nuestra capacidad para mantener esta situación se ve comprometida por el hecho de que la UE está invirtiendo, proporcionalmente, menos que sus principales competidores y por el hecho de carecer de una infraestructura de nivel mundial («polos de excelencia») que permita reunir la masa crítica necesaria. Y ello, a pesar de que las inversiones en los programas nacionales de los Estados miembros de la UE están creciendo de forma rápida aunque por separado.

La excelencia europea en el ámbito de las nanociencias debe, finalmente, raducirse en productos y procesos comercialmente viables. La nanotecnología se está convirtiendo en uno de los campos de la I+D cuyas perspectivas prometedoras y de rápida expansión van a dar un nuevo impulso a la consecución de los objetivos de una economía dinámica basada en el conocimiento definidos en el proceso de Lisboa. Es fundamental, no obstante, crear un entorno favorable para la innovación, en particular para las pequeñas y medianas empresas (PYMES).

La nanotecnología se ha de desarrollar de forma segura y responsable. Su avance deberá respetar principios éticos y será preciso estudiar científicamente sus riesgos potenciales para la salud, la seguridad y el medio ambiente con el fin de prever la normativa necesaria. Habrá que evaluar y tener en cuenta el impacto a nivel social. Será fundamental mantener un diálogo público con todas las partes afectadas que permita centrarse en temas reales de interés y no derivar hacia planteamientos de «ciencia ficción».

La presente Comunicación propone varias acciones como parte de un enfoque integrado para el mantenimiento y fortalecimiento de la posición de la I+D europea en el ámbito de las nanociencias y las nanotecnologías. Aborda los temas necesarios para garantizar la creación y explotación del conocimiento generado por medio de la I+D en beneficio de la sociedad. En este sentido, ha llegado el momento de lanzar un debate a nivel institucional con el fin de emprender una acción coherente para:

- aumentar la inversión en actividades de I+D y su coordinación con el fin de reforzar la aplicación industrial de las nanotecnologías al tiempo que se mantiene la excelencia científica y la competencia;
- desarrollar una infraestructura de I+D competitiva y de nivel internacional («polos de excelencia») que tenga en cuenta las necesidades tanto de la industria como de los organismos de investigación;
- fomentar la educación y formación interdisciplinarias del personal de investigación e impulsar el espíritu empresarial;

- establecer unas condiciones favorables para la transferencia de tecnología y la innovación con el fin de garantizar que la excelencia de la I+D europea se traduce en productos y procesos generadores de riqueza;
- integrar las consideraciones sociales en los procesos de I+D en una fase temprana;
- abordar cualquier riesgo potencial para la salud, la seguridad, el medio ambiente y los intereses de los consumidores mediante la generación de los datos necesarios para la evaluación del riesgo, integrando la evaluación del riesgo en todas las fases del ciclo de vida de los productos basados en las nanotecnologías y adaptando las metodologías existentes y, en caso necesario, desarrollando otras nuevas;
- completar las acciones antes citadas con la cooperación e iniciativas adecuadas a nivel internacional.

Las acciones descritas en la presente Comunicación están en sintonía con el Consejo Europeo de Lisboa (2000), en el que se expresó el compromiso con el desarrollo de una economía y sociedad dinámicas basadas en el conocimiento, de Gotemburgo (2001), sobre el desarrollo sostenible, y de Barcelona (2002) en el que se fijó el objetivo del 3% del PIB para la investigación¹. También contribuye al desarrollo del Espacio Europeo de la Investigación (EEI)² y se aprovecha de él.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ¿Qué es la nanotecnología?

El prefijo «nano» proviene del griego y significa «enano», y en ciencia y tecnología quiere decir 10^{-9} , es decir, una milmillonésima parte (= 0,000000001). Un nanómetro (nm) es una milmillonésima de un metro, es decir, decenas de miles de veces más pequeño que el diámetro de un cabello humano. «Nanotecnología» se utilizará aquí como término colectivo que abarcará las distintas ramas de las nanociencias y de las nanotecnologías.

Conceptualmente, la nanotecnología se refiere a las actividades científicas y tecnológicas llevadas a cabo a escala atómica y molecular, y a los principios científicos y a las nuevas propiedades que pueden ser comprendidos y controlados cuando se interviene a dicha escala. Estas propiedades pueden ser observadas y explotadas tanto a escala microscópica como macroscópica, por ejemplo, para el desarrollo de materiales e instrumentos con nuevas funciones y prestaciones.

1.2. Importancia de la nanotecnología

A menudo se hace alusión a la nanociencia como una ciencia «horizontal», «clave» o «capacitadora» dado que puede considerarse en prácticamente todos los sectores

¹ Las conclusiones de la Presidencia pueden consultarse en <http://ue.eu.int/en/Info/eurocouncil/index.htm>.

² “El Espacio Europeo de Investigación: un nuevo impulso - Fortalecimiento - Reorientación – Apertura de nuevas perspectivas” COM (2002) 565 final.

tecnológicos. Con frecuencia reúne distintas áreas científicas y se ve favorecida por enfoques interdisciplinarios o «convergentes», esperándose que permita introducir innovaciones que den respuesta a muchos de los problemas a que se enfrenta la sociedad en la actualidad:

- **Aplicaciones médicas.** Donde podemos incluir, por ejemplo, los sistemas de diagnóstico miniaturizados que podrían implantarse y utilizarse en la detección precoz de enfermedades. Los recubrimientos desarrollados mediante el recurso a las nanotecnologías que pueden mejorar la bioactividad y biocompatibilidad de los implantes. Nuevas Matrices soporte capaces de auto estructurarse que están facilitando el desarrollo de una nueva generación de materiales en el ámbito de la ingeniería de tejidos y de los materiales biomiméticos, abriendo la posibilidad, a largo plazo, de conseguir la síntesis de órganos de sustitución. Se están desarrollando nuevos sistemas de administración dirigida de medicamentos y recientemente se ha conseguido llevar e introducir nanopartículas al interior de células cancerosas para su tratamiento, por ejemplo, mediante calor.
- **Tecnologías de la información.** Cabe mencionar los sistemas de almacenamiento de datos de muy alta densidad de registro (por ejemplo, 1 Terabit/pulgada²) y las nuevas tecnologías de visualización a base de plásticos flexibles. A largo plazo, el desarrollo de la nanoelectrónica molecular o biomolecular, la espintrónica y la informática cuántica abrirán nuevos horizontes a la tecnología informática.
- **La producción y almacenamiento de energía** puede beneficiarse, por ejemplo, de los nuevos desarrollos en pilas de combustible o sólidos ligeros nanoestructurados que tienen el potencial para un almacenamiento eficaz del hidrógeno. Se están desarrollando también células solares fotovoltaicas eficaces y de bajo coste (por ejemplo la «pintura solar»). Los avances en el campo de las nanotecnologías también permitirán ahorros energéticos a través de una mejora de los aislamientos, del transporte y de una iluminación más eficaz.
- Los avances de la **ciencia de los materiales** mediante el recurso a las nanotecnologías son de gran alcance y su impacto se dejará sentir en casi todos los sectores. Las nanopartículas ya se emplean para reforzar materiales o funcionalizar cosméticos. Se recurre al uso de nanoestructuras superficiales para conseguir superficies resistentes al rallado, hidrófugas, limpias o estériles. El injerto selectivo de moléculas orgánicas a través de la nanoestructuración superficial permitirá avanzar en la fabricación de biosensores y de dispositivos electrónicos moleculares. Asimismo, se pueden mejorar y hacer avanzar enormemente los rendimientos de los materiales en condiciones extremas, con las consiguientes aplicaciones en los sectores espacial y aeronáutico.
- **La fabricación** a nanoescala exige un nuevo enfoque interdisciplinar tanto en la investigación como en los procesos de fabricación. Conceptualmente se consideran dos vías de trabajo: la primera consiste en la miniaturización de los microsistemas (denominado enfoque «de arriba abajo» o «top-down») y la segunda, en imitar la naturaleza mediante el desarrollo de estructuras a partir de los niveles atómico y molecular (denominado enfoque «de abajo arriba» o «bottom-up»). El primero podría describirse como un proceso de ensamblaje,

el segundo como un proceso de síntesis. El enfoque de abajo a arriba se encuentra en fase inicial de desarrollo, pero su impacto potencial es de gran alcance y podría alterar las rutas actuales de producción.

- **La fabricación de instrumentos** para el estudio de las propiedades de la materia a una escala nanométrica ya está teniendo un impacto importante, tanto directo como indirecto, que está estimulando el progreso en una amplia gama de sectores. La invención del microscopio de barrido de efecto túnel marcó un hito en el nacimiento de la nanotecnología. La instrumentación también desempeña un papel clave en el desarrollo de procesos de fabricación tipo «arriba abajo» y «abajo arriba».
- **La investigación sobre los alimentos, el agua y el medio ambiente** también puede beneficiarse de las nanotecnologías con, por ejemplo, el desarrollo de instrumentos para detectar y neutralizar la presencia de microorganismos o plaguicidas. Mediante nuevas técnicas de nanoetiquetado miniaturizado podría realizarse el seguimiento desde origen de los alimentos importados. El desarrollo de métodos de recuperación basados en el uso de nanotecnologías (por ejemplo, técnicas foto-catalíticas) permiten paliar y limpiar el efecto de la contaminación y otros daños medioambientales (por ejemplo, contaminación por petróleo del agua o del suelo).
- La contribución a la **seguridad** podrá realizarse a través de, por ejemplo, nuevos sistemas de detección de alta especificidad de alerta precoz ante agentes químicos o biológicos, sensibles hasta el nivel molecular. El nanoetiquetado de los billetes de banco podría contribuir a la protección de la propiedad. También está en marcha el desarrollo de nuevas técnicas criptográficas para la comunicación de datos.

Ya se han comercializado varios productos desarrollados a través de las nanotecnologías. Se trata de productos sanitarios (vendajes, válvulas cardiacas, etc.), componentes electrónicos, pintura resistente al rallado, equipos deportivos, telas antiarrugas y antimanchas y lociones solares. Los analistas cifran el mercado de este tipo de productos en la actualidad en aproximadamente 2.500 millones de euros, pero opinan que ascenderá a cientos de miles de millones de euros para el año 2010 y a un billón después de esa fecha³.

Dadas las posibilidades de obtener rendimientos mayores utilizando menos materias primas, en particular mediante la fabricación «abajo arriba», la nanotecnología tiene el potencial para reducir la generación de residuos a lo largo de todo el ciclo de vida del producto. La nanotecnología puede contribuir a la realización del desarrollo sostenible⁴ y al logro de los objetivos recogidos en la «Agenda 21»⁵ y en el Plan de acción en materia de tecnología medioambiental⁶.

³ Véanse, por ejemplo, las cifras presentadas en “New Dimensions for Manufacturing: A UK Strategy for Nanotechnology” DTI (2002) pag. 24.

⁴ “Desarrollo sostenible en Europa para un mundo mejor: Estrategia de la Unión Europea para un desarrollo sostenible” COM(2001) 264. Véase también la Declaración del milenio de las Naciones Unidas (<http://www.un.org/millennium/>).

⁵ Véase <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/index.htm>.

⁶ Véase http://europa.eu.int/comm/research/environment/etap_en.html

1.3. ¿Como garantizar un desarrollo seguro de la nanotecnología?

De acuerdo con el Tratado, las aplicaciones de la nanotecnología deberán cumplir los requisitos para respetar un nivel elevado de protección de la salud pública, la seguridad y la protección de los consumidores⁷ y del medio ambiente⁸. A la hora de apoyar esta tecnología de evolución tan rápida, es importante identificar y resolver los problemas (reales o percibidos) en materia de seguridad en una fase lo más temprana posible. Un aprovechamiento comercial adecuado de las nanotecnologías requiere una base científica sólida que disipe las dudas de los consumidores y de la industria. Además, será preciso tomar todas las medidas necesarias para garantizar la salud y la seguridad en el trabajo.

Es fundamental hacer frente por adelantado y de forma abierta a los aspectos de riesgo como parte integral del desarrollo de estas tecnologías desde la concepción y la I+D hasta la explotación comercial, con el fin de garantizar un desarrollo, producción, utilización y eliminación seguros de los productos derivados de las nanotecnologías. Las nanotecnologías también presentan nuevos desafíos desde el punto de vista de la evaluación y gestión de los riesgos. Por lo tanto, es importante que, en paralelo con el desarrollo tecnológico, se emprendan las actividades de I+D necesarias para recabar los datos cuantitativos necesarios sobre toxicología y ecotoxicología (incluidos tanto los datos relativos al hombre como al medio ambiente sobre respuestas a dosis y tiempo de exposición) para llevar a cabo la evaluación del riesgo y, si fuera necesario, permitir la modificación de los métodos de evaluación de los riesgos. Más adelante nos referiremos a las acciones en materia de salud pública, el medio ambiente, la seguridad y protección de los consumidores.

2. FINANCIACIÓN Y ACTIVIDADES DE I+D EN EL ÁMBITO DE LAS NANOTECNOLOGÍAS EN EL MUNDO

Teniendo en cuenta el potencial de las nanotecnologías, muchos países están llevando a cabo programas de I+D que cuentan con amplios fondos públicos en rápido aumento. A lo largo de la última década se ha asistido a un rápido incremento del interés de la inversión pública por este ámbito de investigación, pasando de unos 400 millones de euros en el año 1997 a más de 3.000 millones de euros en la actualidad. En esta sección se da un repaso a las iniciativas en el ámbito de la nanotecnología financiadas a través de fondos públicos.

Aunque es difícil estimar con precisión la contribución privada a las actividades de I+D en el campo de las nanotecnologías, se ha calculado que la cifra podría acercarse a los 2.000 millones de euros, lo que implicaría que el total de la inversión en actividades de I+D de nanotecnología estaría en torno a los 5.000 millones de euros. En este contexto, es importante destacar que la UE se sitúa, con un 56 % de

⁷ Los artículos 152 y 153 del Tratado establecen respectivamente que «al definirse y ejecutarse todas las políticas y acciones de la Comunidad se garantizará un alto nivel de protección de la salud humana» y que «al definirse y ejecutarse otras políticas y acciones comunitarias se tendrán en cuenta las exigencias de la protección de los consumidores».

⁸ El artículo 174 del Tratado establece, entre otros, los objetivos de «la conservación, la protección y la mejora de la calidad del medio ambiente», «la utilización prudente y racional de los recursos naturales» y «el fomento de medidas a escala internacional destinadas a hacer frente a los problemas regionales o mundiales del medio ambiente.»

financiación privada en la I+D, por detrás de EE.UU. y Japón, a los que corresponden un 66 % y un 73 % respectivamente⁹.

2.1. I+D sobre nanotecnología en terceros países

A través del lanzamiento de la «National Nanotechnology Initiative» (NNI) en el año 2000, los EE.UU. se embarcaron en un ambicioso programa de I+D en materia de nanotecnología que hizo pasar el gasto federal de 220 millones de dólares en el 2000 a alrededor de 750 millones de dólares en el año 2003, con una solicitud presupuestaria de 982 millones para el año 2005. Este programa recibe el apoyo complementario de fondos de los Estados por un total de aproximadamente 300 millones de dólares.

El compromiso a largo plazo del gobierno federal de los EE.UU. se ha visto confirmado por la reciente adopción de la «21st Century Nanotechnology Development Act» para el periodo 2005-2008, por la que se asignan casi 3.700 millones de dólares a cinco agencias (NSF, DoE, NASA, NIST y EPA), cuyo nivel de financiación actual se verá de esta forma duplicado para el año 2008. Es preciso señalar que esta cifra no incluye el gasto en defensa (DoD) y en otras áreas que en la actualidad representan cerca de un tercio del presupuesto federal destinado a las nanotecnologías.

Japón incluyó la nanotecnología entre sus prioridades de investigación en el año 2001. Los niveles de financiación anunciados se han incrementado considerablemente y han superado el gasto federal de los EE.UU., al pasar de 400 millones de dólares en el año 2001 a alrededor de 800 millones en el año 2003. Para el 2004 está previsto un aumento del 20% del gasto. Corea del Sur se ha embarcado en un ambicioso programa decenal dotado con aproximadamente 2.000 millones de dólares de financiación pública mientras que Taiwán ha comprometido aproximadamente 600 millones de dólares de fondos públicos para un programa de seis años.

China dedica cada vez más recursos a la nanotecnología, lo que es particularmente significativo si se tiene en cuenta su poder adquisitivo. El porcentaje de las publicaciones a nivel mundial correspondiente a China aumenta rápidamente, con un índice de crecimiento del 200% a finales de los años noventa, y se está equiparando con los de la UE y EE.UU. La Federación Rusa está bien establecida en materia de nanotecnologías, al igual que algunos de los Nuevos Estados Independientes.

Muchos otros países y regiones prestan cada vez mayor atención a la nanotecnología, entre los que podemos señalar: Australia, Canadá, India, Israel, Latinoamérica, Malasia, Nueva Zelanda, Filipinas, Singapur, Sudáfrica y Tailandia.

2.2. I+D sobre nanotecnología en Europa

Europa, que fue consciente muy pronto del potencial de la nanotecnología, ha desarrollado una amplia base de conocimientos en nanociencias y cuenta con algunos de los expertos más destacados en este campo. Son varios los países que pusieron en marcha programas de investigación ya a mediados de los años noventa. A pesar de

⁹ Comisión Europea “Cifras clave 2003-2004” (2003).

que algunos países no han previsto iniciativas específicas en materia de nanotecnología, otros programas incluyen actividades de I+D en este terreno (por ejemplo, desde el ámbito de la biotecnología, la microtecnología, etc.)

A la hora de establecer una comparación entre la UE, Japón y los EE.UU., no se puede hablar de «ganadores» o «perdedores» en sentido estricto, pero sí se pueden observar ciertas tendencias. La fuerza de Europa en nanociencias se demuestra a través del hecho de que, durante el periodo de 1997-1999, a la UE le correspondía el 32 % de las publicaciones mundiales, en comparación con el 24 % de los EE.UU. y el 12 % de Japón¹⁰. No obstante, no parece que la industria capitalice siempre este conocimiento. El análisis de las patentes señala que a la UE le corresponde el 36 % del total mundial, en comparación con el 42 % de los EE.UU., lo que pone de relieve la dificultad para transformar los resultados de la I+D en aplicaciones.

Los niveles de inversión pública varían considerablemente en los distintos Estados miembros tanto en términos absolutos como relativos (véase el anexo). Se puede considerar que el nivel de financiación pública de la I+D sobre nanotecnología en Europa ha pasado de alrededor de 200 millones de euros en el año 1997 al presente nivel de alrededor de 1.000 millones de euros, de los que aproximadamente dos tercios corresponden a programas nacionales y regionales.

En términos del gasto público absoluto, la UE invierte cantidades significativas y comparables a las inversiones en EE. UU. y Japón. Sin embargo, la inversión de fondos públicos media per cápita en la UE-25 es de 2,4 euros (2,9 euros para la UE - 15) comparada con 3,7 euros en EE.UU. y 6,2 euros en Japón. De igual forma, en términos de PIB, la UE-25 invierte 0,01 en comparación con el 0,01 de los EE.UU. y el 0,02 de Japón.

Con la excepción de Irlanda, el resto de los Estados miembros de la UE-25 registra un nivel de inversión per capita inferior a los de Japón y EE.UU. A este respecto, es preciso tener en cuenta los aumentos previstos por EE. UU. y Japón. El primero planea llegar a los 5 euros por habitante para el año 2006 y el segundo alcanzar los 8 euros en el año 2004. Por lo tanto, parece probable que aumente la distancia que separa a la UE de sus principales competidores.

Una de las principales diferencias entre la UE y nuestros principales competidores es el riesgo de que, en cierta medida, el panorama de la I+D europea en nanotecnología pueda fragmentarse por el hecho de la coexistencia de programas y fuentes de financiación dispares y de evolución rápida. La contribución de 350 millones de euros realizada por la CE en el año 2003 a través del 6º PM equivale a aproximadamente un tercio del gasto total europeo en nanotecnología.

Nuestros principales competidores se caracterizan por disponer de programas de I+D sobre nanotecnología coordinados y/o centralizados. En EE.UU., por ejemplo, más de dos tercios de la financiación se asigna a través de la «National Nanotechnology Initiative» bajo los auspicios del programa federal. No parece probable que la UE pueda seguir siendo competitiva a nivel mundial si no se procede a una mayor coordinación y concentración de su actividad a nivel comunitario.

¹⁰ The Third European Report on Science & Technology Indicators, Comisión Europea (2003) http://www.cordis.lu/indicators/third_report.htm.

También los Estados adherentes investigan en nanotecnología y participan en proyectos a través del Programa Marco (PM) de Investigación y Desarrollo de la UE. Suiza cuenta con una larga tradición en I+D sobre nanotecnología y su índice de patentes y publicaciones por cápita es uno de los más elevados. Otros países asociados al 6º PM, como Noruega, cuentan también con programas de investigación en nanotecnología.

Los Programas Marco de la UE han apoyado también numerosos proyectos de investigación en colaboración y otras iniciativas. Dichos programas han añadido una importante dimensión europea a través del establecimiento de cooperaciones transnacionales y han promovido un sustancial aumento en la financiación nacional y privada. Si bien los Programas Marco 4º y 5º ya financiaron un número considerable de proyectos de nanotecnología¹¹, ha sido el 6º Programa Marco¹² el primero en incluir la nanotecnología entre sus prioridades principales.

3. EL CAMINO HACIA LO INFINITAMENTE PEQUEÑO: CINCO DINÁMICAS PARA ESTIMULAR EL PROGRESO

En el mercado global de hoy en día, el crecimiento económico requiere innovación, la cual, a su vez, necesita de la investigación. Parte fundamental de este proceso la constituye una I+D de primera categoría, pero existen otros factores que es necesario tener presentes. A este respecto, se pueden citar cinco ejes de acción: la I+D, las infraestructuras, la educación y formación, la innovación y la dimensión social. Para aprovechar el potencial del Espacio Europeo de la Investigación es necesario adoptar un conjunto de iniciativas a escala de la UE que actúen de forma sinérgica sobre estos cinco ejes interdependientes.

La necesidad de un enfoque integrado de la I+D en nanociencias y nanotecnología fue una de las principales conclusiones del “EuroNanoForum2003”¹³ organizado por la DG de Investigación (RTD) en diciembre del 2003 y al que asistieron más de mil participantes de todo el mundo. Recientes iniciativas de la Comisión incluyen un seminario organizado por la DG Salud y Protección de los Consumidores (SANCO) celebrado en marzo del 2004 sobre los riesgos potenciales de las nanotecnologías¹⁴. Están en marcha otras iniciativas de la DG RTD y del Centro Común de Investigación (CCI), como por ejemplo las relacionadas con la elaboración de hojas de ruta y de estudios de prospectiva.

3.1. Investigación y desarrollo: aumentar el impulso

Habida cuenta de los retos científicos, técnicos e intelectuales que plantean las nanociencias y las nanotecnologías, es imprescindible la excelencia en materia de I+D para garantizar que Europa sigue siendo competitiva a largo plazo. A este respecto, el apoyo a la I+D a través de la financiación pública es, junto con la disponibilidad de investigadores de primera línea y la competencia entre equipos de investigación a nivel europeo, fundamental.

¹¹ Para más información consúltese la base de datos del proyecto en <http://www.cordis.lu/fp6/projects.htm>.

¹² Véase <http://fp6.cordis.lu/fp6/home.cfm>.

¹³ Véase <http://www.euronanoforum2003.org/> para más información.

¹⁴ Véase http://europa.eu.int/comm/health/ph_risk/events_risk_en.htm para más información..

Al mismo tiempo, los conocimientos obtenidos a través de las actividades de I+D han de transformarse, mediante las nanotecnologías, en productos y procesos innovadores que vengán a mejorar la competitividad de la industria europea. En este contexto, no solo es necesario mantener un nivel de excelencia en la I+D, sino también fortalecer la inversión en las actividades de I+D que tengan una aplicación industrial, reforzar la I+D de escala comunitaria y fortalecer la coordinación entre las políticas nacionales para alcanzar una masa crítica.

3.1.1. Aumentar la inversión en conocimientos para mejorar la competitividad europea

La producción competitiva de nuevos conocimientos es fundamental para generar riqueza y crear empleo en un mercado globalizado caracterizado por una economía basada en el conocimiento. La I+D no debe sólo ser excelente, además tendrá que ser realizada en los momentos adecuados y a unos costes competitivos. De otro modo, existe el peligro de deslocalización de las actividades industriales a otras zonas en las que la producción de conocimiento sea más rentable. Si somos capaces de liderar la producción de conocimientos será posible invertir la tendencia actual y atraer a Europa la industria basada en el conocimiento.

La inversión pública europea en I+D sobre nanotecnología corre el riesgo de verse ampliamente superada por la de nuestros principales competidores en los próximos cinco años. Si no incrementamos de forma sustancial la inversión a nivel europeo multiplicándola por lo menos por tres para el año 2010, en consonancia con los objetivos de Lisboa, podríamos perder el impulso necesario para mantener la competitividad europea. Tal inversión no debería ir en detrimento de otros programas de I+D, pero sí responder al objetivo del 3%¹⁵ y centrarse en las áreas donde el desafío es mayor, como la innovación industrial basada en el conocimiento («nanofabricación»), la integración de la interfaz macro-micro-nano y la I+D interdisciplinaria («convergente»). Sería también adecuado buscar las sinergias apropiadas con la estrategia europea para las ciencias de la vida y la biotecnología¹⁶.

Sería preciso aumentar la inversión en I+D a nivel nacional y comunitario de forma complementaria y sinérgica. Los proyectos de investigación en colaboración a nivel europeo son fundamentales para reunir competencias y alcanzar la masa crítica necesaria para seguir garantizando la excelencia. Este aspecto es de particular importancia si queremos progresar rápidamente en la nanotecnología a través de una I+D interdisciplinaria. En este contexto, es preciso centrarse en las sinergias entre la investigación, la infraestructura y la educación, tres factores indisolubles. Este enfoque «sistémico» favorecerá la producción de conocimientos y permitirá atraer y hacer que permanezcan en Europa las mentes más brillantes de la I+D en nanotecnología.

3.1.2. Investigación a nivel comunitario

La investigación llevada a cabo a nivel comunitario, de forma competitiva y transparente, constituye un medio fundamental para estimular y apoyar una I+D de primer orden dentro del Espacio Europeo de la Investigación (EEI). Además de permitir la puesta en común de conocimientos, reúne a los mejores equipos de

¹⁵ «Más investigación para Europa: Objetivo el 3% del PIB» COM(2002) 499 final.

¹⁶ Ciencias de la vida y biotecnología: Una estrategia europea» COM(2002) 27.

diferentes disciplinas y sirve de punto de contacto entre la industria y las universidades, confiriendo un dinamismo al proceso de I+D interdisciplinario tan beneficioso para los avances en nanotecnología.

Los Programas Marco de la UE ya han apoyado un gran número de proyectos de investigación en nanotecnología. Si bien son importantes los progresos realizados en el incremento de la excelencia en I+D, únicamente el 6º Programa Marco reconoce el papel clave de la nanotecnología, concentrando las actividades de I+D dentro de un campo temático prioritario, lo que permite a la Comisión hacer frente al problema de la dispersión, duplicación y fragmentación. Se han introducido dos nuevos instrumentos: los proyectos integrados (PI) y las redes de excelencia (RE). Éstos se ven completados por una serie de otros instrumentos y acciones¹⁷, como los proyectos integrados específicamente destinados a las PYMEs.

Desde el lanzamiento de la primera convocatoria de propuestas se han seleccionado y negociado más de 20 PI y RE de I+D en nanociencias y nanotecnologías. Los PI tratan de agrupar la masa crítica de participantes y financiación necesaria para alcanzar un determinado objetivo. Integran todos los aspectos del proceso de I+D, tanto técnicos como no técnicos, y garantizan la transición de las nanociencias a las nanotecnologías al poner en contacto al sector de la investigación con las industrias.

Recientemente se ha introducido el concepto de las plataformas tecnológicas europeas con el fin de reunir a las distintas partes interesadas en desarrollar una visión conjunta de largo alcance, establecer planes, garantizar la financiación a largo plazo y elaborar un planteamiento coherente de la gobernanza. Estas plataformas deberían dar respuesta a la necesidad de aumentar la sinergia y la coordinación entre las distintas partes con intereses en un área tecnológica específica.

3.1.3. *Coordinación de las políticas nacionales*

Las políticas y programas nacionales y regionales ocupan un lugar muy importante en la financiación de la I+D en nanotecnología en Europa. No obstante, las capacidades nacionales no son a menudo adecuadas para la creación de polos de excelencia de primer orden a nivel internacional. Por lo tanto, es urgente que estos programas se coordinen de modo que se pueda consolidar y centrar el esfuerzo para alcanzar una masa crítica capaz de garantizar un mayor impacto dentro del EEI. Esta coordinación deberá realizarse integrando los tres ejes sinérgicos clave: investigación, infraestructura y educación.

Con el fin de estimular la explotación de las nanotecnologías con el desarrollo de aplicaciones y de reforzar y aprovechar el carácter interdisciplinar de la I+D en nanotecnología, es importante que los programas nacionales, que a menudo contemplan diferentes disciplinas y metodologías de implementación, se coordinen de modo que el esfuerzo se centre en alcanzar una masa crítica en I+D aplicada y combinar las distintas competencias científicas. Así, se facilitaría una explotación rápida del conocimiento por medio de la innovación en todas las regiones europeas.

¹⁷ Para información sobre toda la gama de instrumentos del 6º PM, véase <http://fp6.cordis.lu/fp6/home.cfm>.

Iniciativas como el Método Abierto de Coordinación (MAC)¹⁸ y el plan ERA-NET¹⁹ pueden estimular y apoyar la coordinación de programas y actividades conjuntas realizadas a nivel regional o nacional, así como entre organizaciones europeas. Tales iniciativas pueden ir acompañadas del correspondiente ejercicio de comparación de resultados con el fin de medir el progreso.

3.1.4. Hojas de ruta y estudios de prospectiva

Las hojas de ruta tecnológicas constituyen un elemento para la definición y evaluación del progreso en nanotecnologías y para el seguimiento de su evolución en posteriores fases del desarrollo industrial. El proceso de elaboración de las hojas de ruta es útil en sí mismo, dado que obliga a todas las partes implicadas a interactuar y a reflexionar sobre la posible evolución, los desafíos, el impacto y las necesidades futuras. No obstante, una hoja de ruta genérica para la nanotecnología no es realista, ya que se trata de un dominio demasiado amplio. Las hojas de ruta deberían centrarse en aquellos sectores del mercado que hayan madurado lo suficiente. Son varias las hojas de ruta que se están preparando y a ellos contribuyen de forma valiosa algunos institutos, como el Instituto de Prospectiva Tecnológica (IPTS) del CCI.

Junto con el desarrollo de las hojas de ruta como instrumento de política estratégica, la prospectiva desempeña un papel importante para anticipar la evolución futura y planificar en consecuencia. El carácter potencialmente perturbador de las nanotecnologías hace realmente relevantes los estudios de prospectiva, máxime cuando es necesario el estudio de sus posibles repercusiones sociales. Este ejercicio requiere una metodología específica y se está creando un grupo de alto nivel independiente a escala de la UE para el «examen prospectivo de la nueva ola tecnológica: la convergencia de las nano, bio e info tecnologías y sus incidencias en la sociedad y la competencia en Europa».

Acciones: Un Espacio Europeo de la Investigación para la nanotecnología

1. Para permanecer a la cabeza del desarrollo de las nanotecnologías y las nanociencias, la UE deberá reforzar su apoyo a la I+D. Intentando garantizar la sinergia con otros programas a nivel nacional, la Comisión invita a los Estados miembros a:

- a) aumentar sustancialmente - multiplicándola por tres para el año 2010 - la inversión pública en nanociencias y nanotecnologías de forma coherente y coordinada, teniendo presentes los objetivos de Lisboa y del 3%;
- b) fomentar la excelencia en nanociencias a través de la competencia a nivel europeo;
- c) impulsar una I+D en nanotecnologías para la obtención de aplicaciones que generen riqueza, con especial énfasis en la participación de las PYMEs;
- d) mantener una concentración de las actividades de I+D en el próximo PM con el fin de garantizar una masa crítica y una sinergia entre el desarrollo de las nanociencias, - las nanotecnologías, las actividades de ingeniería asociadas y los correspondientes aspectos de seguridad;

¹⁸ Definidas en las conclusiones de la Presidencia del Consejo Europeo de Lisboa (2000) <http://ue.eu.int/>

¹⁹ Véase <http://www.cordis.lu/coordination/home.html>.

e) garantizar una coordinación efectiva de los programas nacionales;

f) intensificar el trabajo de elaboración de hojas de ruta y prospectiva a nivel europeo con la contribución de centros de excelencia y de institutos como el IPTS.

3.2. Infraestructura: «Polos de excelencia» europeos.

Por infraestructura se entiende el conjunto de recursos e instalaciones que suministran servicios fundamentales a la comunidad investigadora. Puede tratarse de una infraestructura centralizada (en un emplazamiento concreto), descentralizada (una red de recursos descentralizados) o virtual (a través de servicios suministrados por vía electrónica). El empleo de equipos e instrumentación punteros es cada vez más importante para el desarrollo de las nanotecnologías y se hace también necesario para demostrar que las actividades de I+D pueden traducirse en productos y procesos generadores de riqueza.

Para acelerar el desarrollo de las nanociencias y las nanotecnologías es fundamental invertir en una amplia gama de instalaciones, instrumentos y equipos avanzados. El carácter interdisciplinario y complejo de tal infraestructura obliga, a menudo, a compartir la inversión entre organizaciones a nivel local, regional, nacional y a conjugar fondos públicos y privados. Es útil clasificar la infraestructura en tres niveles de inversión distintos:

- Inversiones de hasta varias (pocas) decenas de millones de euros, generalmente a nivel local o regional. Por ejemplo, los Interdisciplinary Research Centres in Nanotechnology del Reino Unido y los Centros de Competencia en Nanotecnología de Alemania.
- Inversiones de hasta 200 millones de euros, generalmente a nivel nacional. Constituyen buenos ejemplos: MINATEC en Francia, IMEC en Bélgica y MC2 en Suecia, todos ellos centros de renombre europeo y mundial.
- Inversiones de más de 200 millones de euros. Todavía no existen instalaciones dedicadas a la nanotecnología de este orden de inversión en la UE, pero se están desarrollando en terceros países²⁰.

Las infraestructuras existentes no siempre satisfacen las exigencias de la industria. Esta inadecuación puede manifestarse a nivel de la gestión, de la situación geográfica, en términos de facilidad de acceso, o deberse a dificultades para alcanzar un acuerdo por lo que se refiere a las condiciones de los derechos de propiedad intelectual (DPI). Soluciones como las de los «laboratorios abiertos», fácilmente accesibles para la industria, son escasas pero muy necesarias. Las PYMEs a menudo carecen de fondos propios y podrían sacar mucho partido de este tipo de soluciones para acelerar el proceso de I+D y reducir el «plazo de comercialización».

²⁰ Un ejemplo lo constituye el “California Nanosystems Institute” que cuenta con una inversión de alrededor de 300 millones de dólares de fondos federales, estatales y privados (véase <http://www.cnsi.ucla.edu/mainpage.html>).

3.2.1. Nuevos «polos de excelencia» para Europa

Existe una necesidad urgente de contar con infraestructuras de primer orden de dimensión e interés europeo («polos de excelencia») para las nanociencias y las nanotecnologías. Además de ofrecer acceso a equipamientos de última generación menos disponibles a nivel local, estas infraestructuras permitirían agrupar todos los aspectos de una I+D interdisciplinaria, de la enseñanza y del prototipado. También podrían albergar asociaciones entre el sector público y el privado y servir de incubadoras para nuevos proyectos empresariales y aplicaciones industriales.

Para alcanzar la masa crítica necesaria es preciso concentrar nuestros recursos en un conjunto limitado de infraestructuras en Europa. Entre los sectores que pueden sacar partido de las sinergias mutuas podemos señalar la nanoelectrónica, la nanobiotecnología y los nanomateriales. No obstante, deberá buscarse un término medio entre la necesidad de evitar la excesiva fragmentación y la duplicación de esfuerzos y la necesidad de garantizar una adecuada competencia que permita la excelencia de las actividades de I+D.

Es necesario buscar un equilibrio entre las infraestructuras a nivel europeo, nacional y regional. A largo plazo, el desarrollo de centros múltiples y/o distribuidos podría constituir una herramienta importante para el mantenimiento de un nivel de competencia adecuado. Las plataformas tecnológicas europeas, junto con organismos como el Foro estratégico europeo sobre las infraestructuras de investigación (ESFRI), pueden contribuir de forma útil a la definición de un enfoque óptimo.

3.2.2. La “Iniciativa para el crecimiento”

En la Comunicación «Una iniciativa europea para el crecimiento: invertir en redes y conocimiento para estimular el crecimiento y el empleo»²¹, la Comisión expone un proyecto de gran amplitud elaborado en colaboración con el Banco Europeo de Inversiones (BEI). Para iniciar la acción se ha propuesto un programa «Quick start» para el que se prevé una financiación que combina fondos procedentes fundamentalmente de préstamos bancarios (por medio de la iniciativa «Innovación 2010» del BEI) y de fuentes (industriales) privadas.

Las infraestructuras de nanoelectrónica figuran entre los sectores de inversión previstos en la primera remesa propuesta de proyectos «Quick start». Otro sector es el de los láser de nueva generación (por ejemplo, los láser de electrones libres) que ofrecen la posibilidad de obtener instantáneas de la estructura atómica de una molécula. Tales instalaciones revisten un interés inestimable para el desarrollo de las nanociencias y de las nanotecnologías, y convendría estudiar las posibles sinergias con otras acciones de este tipo a nivel europeo o nacional.

Acciones: Infraestructura

2. La creación de infraestructuras de primer orden («polos de excelencia») de dimensiones e interés europeos constituye una condición fundamental para que la UE pueda reforzar su competitividad en materia de I+D en nanociencias y nanotecnologías. La Comisión invita a los Estados miembros a que:

1 «Una iniciativa europea para el crecimiento: invertir en redes y conocimiento para estimular el crecimiento y el empleo» COM(2003) 690.

a) desarrollen un sistema coherente de infraestructuras de I+D que refleje las necesidades de las partes implicadas y cree sinergias con los centros de enseñanza;

b) adopten medidas para maximizar el valor añadido de las infraestructuras existentes y tengan cuenta las necesidades de la industria y, en particular, de las PYMEs.

La Comisión subraya la necesidad de:

c) analizar y localizar las infraestructuras existentes con el fin de identificar las necesidades más urgentes que permitan acelerar el progreso de las nanotecnologías, en particular a nivel de una I+D interdisciplinaria;

d) crear, llegado el caso, nuevas infraestructuras europeas dedicadas a las nanotecnologías, que puedan movilizar una masa crítica suficiente teniendo presentes las necesidades de la industria;

e) estudiar la posibilidad de una sinergia financiera con el Banco Europeo de Inversiones, el Fondo Europeo de Inversión y los Fondos Estructurales.

3.3. Inversión en recursos humanos

Para capitalizar el potencial de las nanotecnologías, la UE debe disponer de una comunidad de investigadores y de ingenieros interdisciplinaria capaz de generar conocimientos y transferirlos a la industria. Con el fin de evaluar y gestionar correctamente los riesgos que presentan las nanotecnologías para la salud humana, la UE necesita también toxicólogos y especialistas en la evaluación de riesgos que cuenten con la formación adecuada. Las nanotecnologías, ámbito de actividad reciente y dinámico, constituyen una ocasión única para atraer a nuevos jóvenes científicos y a otro personal cualificado a las carreras de investigación.

Según un informe reciente²², contamos con 5,68 investigadores en activo por cada 1.000 personas activas en Europa, en comparación con los 8,08 de los EE.UU. y los 9,14 de Japón. Para alcanzar el nivel de recursos humanos requerido para lograr el objetivo de Lisboa del 3% para el año 2010, las necesidades de nuevo personal para la investigación europea se cifrarían en 1,2 millones más de personas (de ellas 700.000 investigadores)²³. Es fundamental poner en marcha medidas para atraer y retener a los investigadores en Europa, sin perder de vista el potencial infrutilizado de la mujer en la investigación.

3.3.1. Atraer a los jóvenes a lo «nano»

Un componente esencial del enfoque aquí expuesto es el impulso a la participación de los jóvenes en el debate científico desde la infancia. Algunas experiencias apuntan a que la probabilidad de que un joven siga una carrera científica depende de la capacidad de los enseñantes, de los padres y de los medios de comunicación para comunicar lo que, en expresión del premio Nóbel Richard Feynman, constituye el placer de descubrir cosas. Conceptos sencillos de las nanotecnologías pueden

²² Comisión Europea, «Cifras clave 2003-2004» (2003), p. 44. La cifra de la UE se refiere al 2001, de EE.UU. a 1997 y de Japón al 2002.

²³ «Inversión en investigación: un plan de acción para Europa» COM(2003) 226.

presentarse por medio de experimentos y demostraciones científicas de fácil realización.

Las nanotecnologías son adecuadas para la enseñanza secundaria en la medida en que las ciencias se organizan generalmente de forma integrada y no por disciplina. Es importante, no obstante, que los jóvenes se hagan una idea no solamente de lo que es la investigación, sino también de lo que hacen los investigadores. Presentar la investigación como una alternativa profesional apasionante, seria y con salidas debería ayudar a los estudiantes a elegir con conocimiento de causa. A este respecto, son útiles iniciativas como la del «año europeo de los investigadores»²⁴.

3.3.2. *Superar las fronteras de las disciplinas*

Las universidades desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de la Europa del conocimiento²⁵. La nanotecnología pone un gran énfasis en el enfoque interdisciplinar. Se puede contemplar la posibilidad de impartir cursos del primer ciclo de formación universitaria en los que los estudiantes puedan seguir recibiendo una formación básica en una serie de disciplinas independientemente del curso específico que se ha elegido para el título. De esta forma se conseguiría que las futuras generaciones de especialistas en nanotecnologías mantuvieran un espíritu abierto y fueran capaces de interactuar con sus colegas de otras disciplinas. La formación práctica a través de la investigación podría convertirse en un elemento esencial de la nanotecnología.

La nanotecnología necesita nuevas modalidades de formación que trasciendan las fronteras tradicionales de las distintas disciplinas y que ofrezcan una enseñanza interdisciplinaria y bien enfocada de primera calidad, tanto a nivel universitario como de postgrado. Serían necesarios nuevos enfoques capaces de atraer la inversión pública y privada, así como otras formas de colaboración entre las universidades y las empresas (por ejemplo, creación de empresas desde la universidad y proyectos universitarios financiados con capital de riesgo). Estas acciones podrían desarrollarse en el marco de los «polos de excelencia» europeos (véase la acción 2), lo que daría a los estudiantes la oportunidad de adquirir una experiencia práctica en la investigación de punta.

3.3.3. *Investigadores e ingenieros con espíritu empresarial*

Las carreras científicas han suscitado recientemente una gran atención a nivel europeo y se han puesto de relieve un cierto número de deficiencias en relación con la forma de contratación del personal, las condiciones de trabajo y las diferencias entre las perspectivas de carrera de los hombres y de las mujeres²⁶. En concreto, los obstáculos al paso desde el sector científico al sector industrial y viceversa para investigadores e ingenieros (es decir, la evaluación de carreras por medio de las publicaciones o la presentación de las patentes) son preocupantes y podrían ser perjudiciales para la transferencia de tecnologías y para la innovación en el ámbito de las nanotecnologías.

²⁴ «Investigadores en el Espacio Europeo de Investigación: una profesión con múltiples carreras» COM(2003) 436.

²⁵ «El papel de las universidades en la Europa del conocimiento» COM(2003) 58.

²⁶ «Investigadores en el Espacio Europeo de Investigación: una profesión con múltiples carreras» COM(2003) 436.

En la óptica de una sociedad basada en el conocimiento dinámica, no puede seguir vigente la creencia de que la formación acaba en el momento en que se accede al empleo, como demuestra el plan de acción en materia de competencias y de movilidad ²⁷. La nanotecnología es un campo dinámico que requiere una formación continua que permita seguir los últimos avances. A medida que la nanotecnología se acerca al mercado, la necesidad de formación en materia de creación de nuevos proyectos empresariales o aplicaciones industriales, gestión de los DPI, condiciones de seguridad y laborales (incluidas la salud y la seguridad en el trabajo) y otras capacidades complementarias serán importantes para garantizar que los innovadores consiguieran una financiación sólida y hacen avanzar sus iniciativas.

Acciones: Inversión en recursos humanos

3. La Comisión invita a los Estados miembros a que contribuyan a:

a) identificar las necesidades educativas de la nanotecnología y suministrar ejemplos de mejores prácticas y/o resultados de estudios piloto;

b) favorecer la descripción y aplicación de nuevos cursos y planes de estudio, formación de profesores y material docente para la promoción de planes interdisciplinarios de aproximación y/o formación en las nanotecnologías, tanto a nivel de enseñanza secundaria como universitaria;

c) integrar capacidades complementarias en los programas de formación de postgrado y de formación continua, por ejemplo, ciencias empresariales, temas de salud y seguridad en el trabajo, registro de patentes, mecanismos para la creación de nuevos proyectos empresariales, comunicación, etc.

La Comisión cree que existe una oportunidad para:

d) explorar la viabilidad de una convocatoria de propuestas conjunta Marie Curie²⁸ en el área de las nanociencias y la nanotecnología;

e) crear un «Premio europeo de nanotecnologías» que recompense el espíritu de empresa y la interdisciplinariedad de los investigadores.

3.4. Innovación industrial, del conocimiento a la tecnología

En la situación actual de globalización del mercado, el éxito económico a largo plazo depende cada vez más de la generación, gestión y explotación del conocimiento. La inversión en I+D es necesaria para producir conocimiento y la innovación industrial, a su vez, requiere conocimientos para producir riqueza. Así se cierra el círculo y se inyectan nuevos capitales privados en la actividad de I+D.

¿De qué forma puede capitalizar la industria europea nuestros conocimientos en nanociencia con el fin de desarrollar bienes y servicios generadores de riqueza? La capacidad para liberar el potencial de este conocimiento a través de las nanotecnologías es crucial para dar un nuevo ímpetu a las industrias, que ya no son

²⁷ «Hacer realidad un espacio europeo del aprendizaje permanente» COM(2001) 678 y Plan de acción de la Comisión sobre las capacidades y la movilidad COM(2002) 72.

²⁸ Véase <http://europa.eu.int/mariecurie-actions>

rentables debido a la competencia internacional, y para incentivar la creación de nuevas empresas europeas en sectores basados en el conocimiento.

El enfoque integrado de la política de innovación²⁹ que se impone se desarrollará en el próximo Plan de acción en materia de innovación³⁰. Además de los factores comunes que son cruciales para todas las actividades de I+D³¹, como son: los mercados vigorosos y competitivos, una política fiscal a favor de la innovación, instrumentos financieros³², recursos humanos cualificados, cooperación de los sectores público y privado e infraestructuras; la nanotecnología también debe prestar atención a otros tres factores suplementarios: la formalización de patentes de los conocimientos fundamentales, la normativa y la metrología.

3.4.1. *Oportunidades y desafíos para la industria actual*

Las nanotecnologías ofrecen a las empresas importantes perspectivas de innovación, ya sea incremental o radical. Al mismo tiempo, exponen a numerosas empresas al riesgo de que tardan en percibir el potencial que ofrecen y pierdan de esta forma su competitividad. La carencia, en Europa, de una cultura que favorezca y fomente la asunción de riesgos por parte de las empresas en ámbitos como el de las nanotecnologías puede ser un factor tan decisivo como la ausencia de condiciones generales propicias a la innovación.

Las industrias europeas operan en un clima de gran competencia. Por razones diversas pueden registrar una falta de fondos propios y dedicar tan sólo una parte limitada de sus recursos a actividades de I+D y de innovación. Datos recientes demuestran que el total de la inversión privada en favor de la I+D representa el 1,09% del PIB en la UE, frente al 1,85% de los EE.UU. y al 2,2% de Japón³³. Aunque no disponemos de cifras comparables para las nanotecnologías, podemos suponer que la parte de la inversión industrial en Europa es proporcionalmente más baja que en EE.UU. o en Japón.

3.4.2. *Creación de empresas y capital de riesgo en nanotecnología*

La mayor parte de las áreas de I+D de las nanotecnologías están en una fase temprana de su desarrollo y los investigadores que obtienen resultados satisfactorios se convierten en empresarios y crean sus propias empresas. De los cientos de empresas de este tipo surgidas en los últimos años, la mitad se encuentran en los EE.UU., y tan sólo una cuarta parte en la UE³⁴. Teniendo en cuenta que las PYMEs representan alrededor de dos tercios de los empleos en Europa, es evidente que son necesarios esfuerzos adicionales para fomentar la creación de empresas nuevas e innovadoras³⁵.

Los bancos y los inversores de capital de riesgo son muy selectivos en sus ofertas, en especial en ámbitos que estiman se caracterizan por un riesgo técnico elevado, un

²⁹ «Política de innovación: actualizar el enfoque de la Unión Europea en el contexto de la estrategia de Lisboa», COM(2003) 112.

³⁰ Véase <http://europa.eu.int/comm/enterprise/innovation/index.htm>

³¹ Véase «Inversión en investigación: plan de acción para Europa» COM(2003) 226

³² Véase «Acceso a la financiación de las PYME» COM(2003) 713

³³ Comisión Europea, «Cifras clave 2003-2004» (2003).

³⁴ «Little science, big bucks», Nature Biotechnology, volumen 21, número 10, octubre 2003, p. 1127.

³⁵ «Plan de acción: el programa europeo a favor del espíritu empresarial», COM(2004) 70.

plazo de comercialización impreciso y con posibles incidencias negativas en términos de ética, de salud y de medio ambiente. El registro de patentes es normalmente necesario para probar la propiedad de los conocimientos y los nuevos empresarios deben demostrar un criterio de gestión y de estrategia empresarial sólido, amén de ir en cabeza de la evolución tecnológica.

Los nuevos empresarios se quejan a menudo de que se les ofrecen créditos (en lugar de capital de riesgo) y de que no reciben ningún apoyo en materia de gestión, lo que les hace más vulnerables y más conscientes del riesgo. Algunas nuevas empresas pueden fracasar, aún siendo todo un éxito tecnológico, si no alcanzan un umbral de rentabilidad. Es el fenómeno denominado «valle de la muerte». Este problema puede exacerbarse en el caso de las nanotecnologías, para las que el proceso de I+D requiere un compromiso a largo plazo. En este contexto, el Banco Europeo de Inversiones (BEI) puede desempeñar un papel importante mediante préstamos y mediante el refuerzo del capital de base de las empresas de nanotecnología.

3.4.3. *Registro de patentes*

La propiedad del conocimiento a través de los DPI es fundamental para la competitividad de la industria, tanto por lo que se refiere a la captación de la inversión inicial como para asegurar futuros ingresos. El registro de patentes en nanotecnología ha crecido de forma sostenida desde comienzos de los años ochenta. La gestión conjunta de los DPI puede no ser del todo fácil en un ámbito como el de las nanotecnologías, cuya interdisciplinariedad reúne investigadores y empresarios de distintas culturas y mentalidades.

Dado su alto énfasis y dependencia en los conocimientos, la nanotecnología plantea cuestiones fundamentales en relación con lo que debe y no debe ser patentado (por ejemplo, por lo que se refiere a moléculas individuales). Un acuerdo sobre conceptos y definiciones a nivel europeo, y si fuera posible a nivel mundial, desempeñaría una función esencial en el mantenimiento de la confianza de los inversores y a la hora de evitar las distorsiones que pudieran surgir en razón de diferencias en los tratamientos locales o en la interpretación de los DPI.

3.4.4. *Regulación*

Es fundamental una regulación adecuada y oportuna en materia de salud pública, protección de los consumidores y medio ambiente, que, además, tendrá un efecto positivo sobre la confianza de los consumidores, los trabajadores y los inversores. Debería hacerse el máximo uso de la regulación ya existente, aunque el carácter específico de las nanotecnologías exige que se someta a un examen y posible revisión. A este respecto, debería adoptarse un enfoque proactivo. El aumento del conocimiento en nanociencias a través de la I+D, tanto a nivel nacional como europeo, debería servir de base para una acción futura en este terreno.

Además de garantizar la coherencia y evitar la distorsión del mercado, una regulación armonizada desempeña un papel clave a la hora de minimizar el riesgo y de garantizar la salud y la protección del medio ambiente. La regulación existente se basa frecuentemente en parámetros que podrían resultar inadecuados para determinadas aplicaciones de la nanotecnología, tales como las nanopartículas sueltas. Por ejemplo, los umbrales se definen normalmente en términos de volúmenes o masas de producción, por debajo de los cuales una sustancia puede estar libre de

regulación. La idoneidad de tales umbrales debería revisarse y modificarse en caso necesario.

3.4.5. *Metrología y normalización*

Para garantizar que la UE pueda explotar el potencial comercial de las nanotecnologías, la industria y la sociedad deberán disponer de medios cuantitativos y fiables de caracterización así como de técnicas de medición que contribuyan a la competitividad y fiabilidad de los futuros productos y servicios. Es preciso establecer normas y criterios de metrología que favorezcan el desarrollo rápido de la tecnología y den a los usuarios la confianza suficiente en los procesos y prestaciones de los productos.

Para abordar las necesidades de las nanotecnologías, se requieren desarrollos innovadores de las técnicas de medición. Se trata de un área de actividad con muchos retos. A escala nanométrica se hace difícil eliminar los efectos perturbadores inducidos por los instrumentos de medida de la medición propiamente dicha. En algunas áreas simplemente no existen instrumentos de metrología. Es necesario realizar un esfuerzo considerable en materia de investigación y desarrollo para la puesta a punto de pre-normas válidas que tengan en cuenta las necesidades de la industria en términos de medición rápida y de control. El Comité europeo de normalización (CEN)³⁶ ha creado recientemente un grupo de trabajo dedicado a la nanotecnología.

Acciones: Innovación industrial, del conocimiento a la tecnología

4. Destacando los beneficios de un enfoque coordinado para estimular la innovación y el espíritu empresarial en el ámbito de la nanotecnología en Europa, la Comisión:

a) invita a los Estados miembros a que instauren condiciones que favorezcan la inversión en I+D por parte de la industria y las empresas innovadoras, de acuerdo con los objetivos de Lisboa;

b) destaca la necesidad de profundizar en la investigación de las perspectivas y condiciones para una explotación industrial exitosa de las nanotecnologías;

c) anima al Banco Europeo de Inversiones y al Fondo Europeo de Inversiones a contribuir al fortalecimiento del capital base para la innovación en nanotecnología e invita a los Estados miembros a que recurran a los Fondos Estructurales para apoyar las iniciativas de I+D a nivel regional;

d) considera esencial un marco de DPI armonizado, robusto y económico para fomentar la transferencia de tecnología y la innovación;

e) invita a los Estados miembros a estrechar la cooperación entre las oficinas de patentes para conseguir un sistema global de patentes más eficaz³⁷;

³⁶ Véase <http://www.cenorm.be/> para más información (Resolución CEN BT C005/2004).

³⁷ Véase el comunicado final de la reunión del Comité de política científica y tecnológica a nivel ministerial de la OCDE, 29-30 de enero de 2004 (véase <http://www.oecd.org/>).

f) anima a los Estados miembros a que revisen la regulación existente con el fin de tener en cuenta cualquier especificidad de las nanotecnologías y adoptar un enfoque común europeo;

g) invita a los Estados miembros a fomentar y coordinar actividades de desarrollo de la metrología y de la normalización con el fin de reforzar la competitividad de la industria europea.

3.5. Integrar la dimensión social

A veces se critica a la comunidad científica por estar demasiado apartada de los mecanismos de la democracia, lo que deriva en una falta de comprensión por parte del público en general, en un desequilibrio de la percepción pública de los riesgos y de los beneficios y en una falta de participación y/o posible control público. Si bien las posibilidades que ofrecen las nanotecnologías pueden mejorar nuestra calidad de vida, también existen ciertos riesgos asociados a ellas, como a cualquier otra nueva tecnología. Es necesario admitir y estudiar tales riesgos. Al mismo tiempo es necesario evaluar la percepción de la nanotecnología y sus riesgos por parte del público en general y dar respuesta a las distorsiones que de los mismos pudieran observarse.

Tomar la iniciativa en estas cuestiones, integrando totalmente las consideraciones sociales en el proceso de I+D y explorando sus beneficios, riesgos y repercusiones más profundas para la sociedad, redundará en beneficio de todos. Como ya se ha dicho³⁸, es preciso hacer este ejercicio lo antes posible sin esperar a que se produzca una aceptación posterior. A este respecto, la complejidad y naturaleza invisible de la nanotecnología presenta un desafío para los profesionales de la comunicación en el campo de las ciencias y de los riesgos.

3.5.1. Desarrollo responsable de la nanotecnología

Deben respetarse los principios éticos y, en caso necesario, aplicarse mediante la reglamentación correspondiente. Estos principios se recogen en la Carta Europea de los Derechos Fundamentales³⁹ y otros documentos europeos e internacionales⁴⁰. También debería tenerse en cuenta el dictamen del Grupo Europeo de Ética (EGE)⁴¹, que está examinando los aspectos éticos de las aplicaciones médicas de las nanotecnologías.

Entre los valores éticos fundamentales figuran: el respeto de la dignidad, el principio de la autonomía del individuo, el principio de justicia y de beneficencia, el principio de libertad de investigación y el principio de proporcionalidad. Es necesario comprender la importancia de tales principios para las aplicaciones humanas y no humanas de las nanotecnologías. Además, algunas aplicaciones, como por ejemplo los sensores miniaturizados, pueden tener implicaciones específicas para la protección de la privacidad y de los datos personales.

³⁸ «Nanotechnology: Revolutionary opportunities & societal implications», 3er seminario conjunto CE-NSF sobre nanotecnología, Lecce, Italia (2002), y «The social and economic challenges of nanotechnology», ESRC, UK (2003).

³⁹ Véase http://www.europarl.eu.int/charter/default_en.htm.

⁴⁰ Véase http://europa.eu.int/comm/research/science-society/ethics/legislation_en.html.

⁴¹ Véase http://europa.eu.int/comm/european_group_ethics/index_en.htm.

Es necesario que el desarrollo de las nanotecnologías sea abierto, se pueda verificar su trazabilidad y sea controlable conforme con los principios democráticos. A pesar de algunas llamadas a favor de una moratoria de la investigación sobre las nanotecnologías, la Comisión está convencida de que esto sería contraproducente. Aparte de privar a la sociedad de los posibles beneficios, podría favorecer el surgimiento de «paraísos tecnológicos», en los que la investigación se lleva a cabo sin límites normativos y puede dar lugar a posibles abusos. La imposibilidad de realizar un seguimiento de los desarrollos y de intervenir en tales circunstancias podría tener consecuencias mucho peores. El principio de cautela⁴², tal y como se ha venido invocando hasta ahora, podría aplicarse en caso de detectarse riesgos graves y realistas.

3.5.2. Información, comunicación y diálogo: comprender lo invisible

«¿Qué es la nanotecnología?» Una encuesta de opinión llevada a cabo entre 16.000 personas en el año 2001⁴³ ponía de relieve el escaso conocimiento de la nanotecnología. Su complejidad y el hecho de que se refiera a objetos invisibles hacen que sea un concepto que el público no asimila con facilidad. Titulares sobre nanorobots capaces de reproducirse, aún muy lejos de hacerse realidad pero a menudo presentados como un riesgo inminente, demuestran que es urgente la necesidad de informar acerca de la investigación actual sobre nanotecnología y sus posibles aplicaciones. Por ejemplo, el «nanoTruck»⁴⁴ constituye un ejemplo excelente de cómo sensibilizar y mejorar el conocimiento de las nanotecnologías por parte del público en general.

Si no se lleva a cabo un esfuerzo de comunicación serio, las innovaciones nanotecnológicas podrían recibir una injusta mala acogida. Es indispensable establecer un diálogo eficaz de doble sentido a través del cual se tengan en cuenta las opiniones de la sociedad y que incluso le permita influir en las decisiones en materia de política de I+D⁴⁵. La confianza del público y la aceptación de las nanotecnologías serán cruciales para su desarrollo a largo plazo y para el aprovechamiento de sus ventajas potenciales. Es evidente que la comunidad científica deberá mejorar sus habilidades de comunicación.

Acciones: Integración de la dimensión social

5. La Comisión destaca la necesidad de dedicar la debida atención a los aspectos sociales de la nanotecnología y:

a) hace un llamamiento a los Estados miembros para que observen los principios de la gobernanza de forma abierta y proactiva en el ámbito de la I+D en nanotecnología para mejorar la información y confianza del público;

b) anima a un diálogo con los ciudadanos y consumidores de la UE que favorezca la formación de opiniones contrastadas sobre las actividades de I+D en nanotecnología basadas en una información imparcial y en el intercambio de ideas;

⁴² «Comunicación de la Comisión sobre el principio de cautela» COM(2000) 1.

⁴³ Comisión Europea «Europeos, Ciencia y Tecnología» Eurobarómetro 55.2, diciembre 2001.

⁴⁴ Véase <http://www.nanotruck.net>.

⁴⁵ «Plan de acción – Ciencia y Sociedad», COM(2001) 714

c) reafirma su compromiso con los principios éticos con el fin de garantizar el desarrollo responsable y transparente de la I+D en nanotecnología.

4. SALUD PÚBLICA, SEGURIDAD, PROTECCION MEDIO AMBIENTAL Y DE LOS CONSUMIDORES

La investigación y evaluación científicas de los posibles riesgos para la salud o el medio ambiente asociados a la nanotecnología deben ir de la mano de la I+D y del progreso tecnológico. Están en curso algunos estudios específicos para evaluar los riesgos potenciales, que también se examinan dentro de los proyectos integrados y redes de excelencia del 6º PM en el campo de la nanotecnología. En concreto, las nanopartículas pueden comportarse de forma inesperada debido a su reducido tamaño⁴⁶. Pueden presentarse algunas dificultades específicas en relación con su producción, eliminación, manipulación, almacenamiento y transporte. La I+D debe determinar los parámetros adecuados y, en caso necesario, preparar la regulación necesaria teniendo en cuenta todas las personas involucradas: investigadores, trabajadores y consumidores. La I+D también debe tener en cuenta el impacto de las nanotecnologías a lo largo de todo su ciclo de vida, por ejemplo, mediante el uso de instrumentos de evaluación del ciclo de vida. Dada la repercusión mundial de estos temas, sería útil poner sistemáticamente en común a nivel internacional los conocimientos que se adquieran en la materia.

De forma más general, la salud pública, la protección medio ambiental y del consumidor requieren que quienes participan en el desarrollo de las nanotecnologías, incluidos los investigadores, promotores, productores y distribuidores, hagan frente lo antes posible a los riesgos potenciales de forma directa y sobre la base de datos y análisis científicos fiables y recurriendo a metodologías adecuadas. Se trata de un verdadero reto dado que la predicción de las propiedades de los productos basados en nanotecnologías requiere la toma en consideración tanto de la física clásica como de los efectos de la mecánica cuántica. La ingeniería de sustancias por medio de las nanotecnologías puede compararse, en gran medida, con la creación de una nueva sustancia química. Por lo tanto, el tratamiento de los riesgos potenciales de las nanotecnologías para la salud pública, el medio ambiente y los consumidores exigirá la evaluación de la posible reutilización de los datos disponibles y la generación de nuevos datos en materia de toxicología y ecotoxicología específicos de la nanotecnología, (incluidos los datos sobre respuestas a dosis y sobre exposición). También es preciso examinar y, si fuera necesario, modificar los métodos de evaluación del riesgo. En la práctica, la evaluación de los riesgos potenciales relacionados con las nanotecnologías requiere que la evaluación del riesgo se integre en todas las fases del ciclo de vida de los productos basados en la nanotecnología.

Acción: Protección de la salud pública, de la seguridad, del medio ambiente y de los consumidores

⁴⁶ Por ejemplo, los proyectos financiados por la CE: Nanopatholgy “The role of nano-particles in biomaterial-induced pathologies” (QLK4-CT-2001-00147); Nanoderm “Quality of skin as a barrier to ultra-fine particles” (QLK4-CT-2002-02678); Nanosafe “Risk assessment in production and use of nano-particles with development of preventive measures and practice codes” (G1MA-CT-2002-00020)

6. Con el fin de conseguir un nivel elevado de protección de la salud pública, seguridad, protección del medio ambiente y de los consumidores, la Comisión destaca la necesidad de:

- a) identificar y abordar las preocupaciones en materia de seguridad (reales o percibidas) lo antes posible;
- b) reforzar el apoyo a la integración de la salud pública, medio ambiente, riesgos y otros temas relacionados en las actividades de I+D junto con estudios específicos;
- c) apoyar la generación de datos sobre toxicología y ecotoxicología (incluidos los datos sobre la relación entre dosis y respuesta) y evaluar la exposición potencial humana y medioambiental.

La Comisión invita a los Estados miembros a que favorezcan:

- d) el ajuste, en caso necesario, de los procedimientos de evaluación del riesgo con el fin de tener en cuenta las especificidades asociadas a las aplicaciones de la nanotecnología;
- e) la integración de la evaluación del riesgo para la salud, el medio ambiente, los consumidores y los trabajadores en todas las fases del ciclo de vida de la tecnología (diseño, I+D, fabricación, distribución, utilización y eliminación).

5. UN PASO ADELANTE: COOPERACIÓN INTERNACIONAL

La cooperación internacional es fundamental para el avance de la I+D. Por ejemplo, el 6º PM está abierto al mundo, ya que permite a los equipos de investigación de casi cualquier país participar en los proyectos. Esto es particularmente importante en el caso de las nanotecnologías, dado que se requiere una gran base de conocimientos y siguen existiendo muchos retos científicos y técnicos, lo que podría hacer necesario alcanzar una masa crítica mundial. La cooperación internacional puede acelerar la I+D al colmar más rápidamente las lagunas de conocimiento y ayudar, por ejemplo, a establecer nuevas soluciones y normas en materia de metrología.

Varios países han concluido acuerdos de cooperación científicas y técnicas con la UE en los que se incluye la nanotecnología. En concreto, existe un acuerdo de aplicación entre la Comisión Europea (CE) y la National Science Foundation (NSF) de los EE.UU. y otro con el Ministerio de Ciencia y Tecnología de China. Tales acuerdos constituyen un marco de cooperación reforzada y permiten el lanzamiento de iniciativas conjuntas. Desde 1999 se han convocado varias licitaciones conjuntas de la CE y la NSF y se han iniciado unos 20 proyectos.

Sobre la base de la experiencia acumulada en el 6º PM, se precisa reforzar la cooperación internacional en nanociencias y nanotecnologías tanto con los países económicamente avanzados (para compartir conocimiento y sacar partido de la masa crítica) como con los menos desarrollados (para garantizar su acceso al conocimiento y evitar un «apartheid» del conocimiento). En concreto, es urgente compartir conocimientos sobre los aspectos relacionados con la salud, la seguridad y el medio ambiente de la nanotecnología en beneficio de todos los ciudadanos.

Podría elaborarse un marco voluntario que reúna principios comunes compartidos aplicables a la I+D en nanotecnología (por ejemplo, un código de buena conducta) al que podrían sumarse la UE y todos los países con actividades de investigación en nanotecnología y que comparten nuestro compromiso con su desarrollo responsable. Los primeros contactos en este sentido mantenidos con representantes de EE.UU., Japón, Suiza y Rusia son muy alentadores y podrían abrir el camino a nuevas iniciativas.

Acciones: Cooperación internacional

7. En cumplimiento de sus obligaciones internacionales y en particular de las relacionadas con la Organización Mundial del Comercio, la Comisión fomentará:

a) un debate o consenso internacional sobre temas que suscitan una preocupación de alcance mundial como son la salud pública, la seguridad, el medio ambiente, la protección de los consumidores, la evaluación del riesgo, los enfoques normativos, la metrología, las nomenclatura y las normas;

b) el acceso de los países menos industrializados al conocimiento fundamental para contribuir a prevenir un «apartheid» del conocimiento;

c) el seguimiento y la difusión de la información relativa al desarrollo científico, tecnológico, económico y social de las nanotecnologías;

d) la definición de un código internacional de buena conducta de forma que pueda garantizarse un acuerdo mundial en torno a principios básicos para el desarrollo responsable de la nanotecnología.

ANEXO: ESTIMACIÓN DE LA FINANCIACIÓN PÚBLICA DEDICADA A LA NANOTECNOLOGÍA

(Los datos presentados en las siguientes figuras proceden de distintas fuentes⁴⁷⁾)

Fig. 1: Niveles globales del gasto público en nanotecnología en el año 2003. Se presentan datos de Europa (donde se incluye CH, IL y NO como países asociados del 6º PM), Japón, EE.UU. y otros países. Cambio considerado: 1€= 1\$.

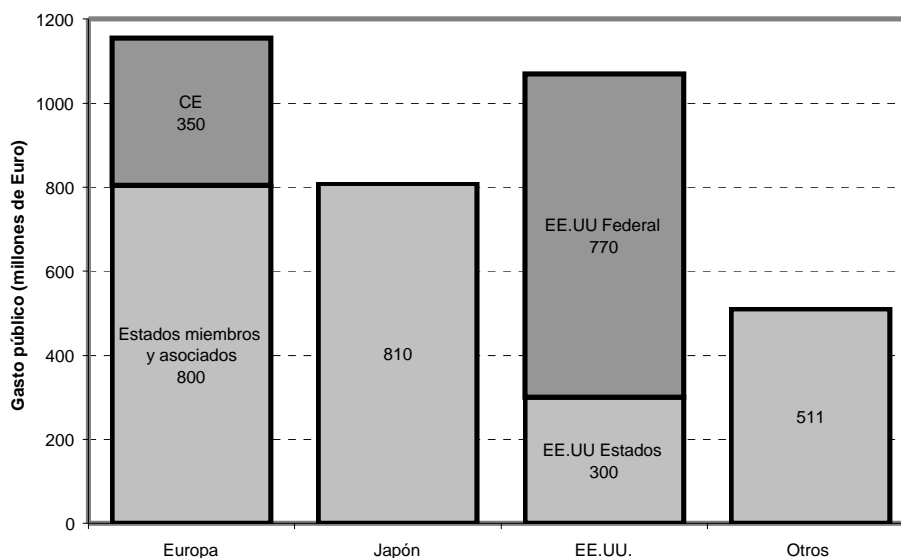
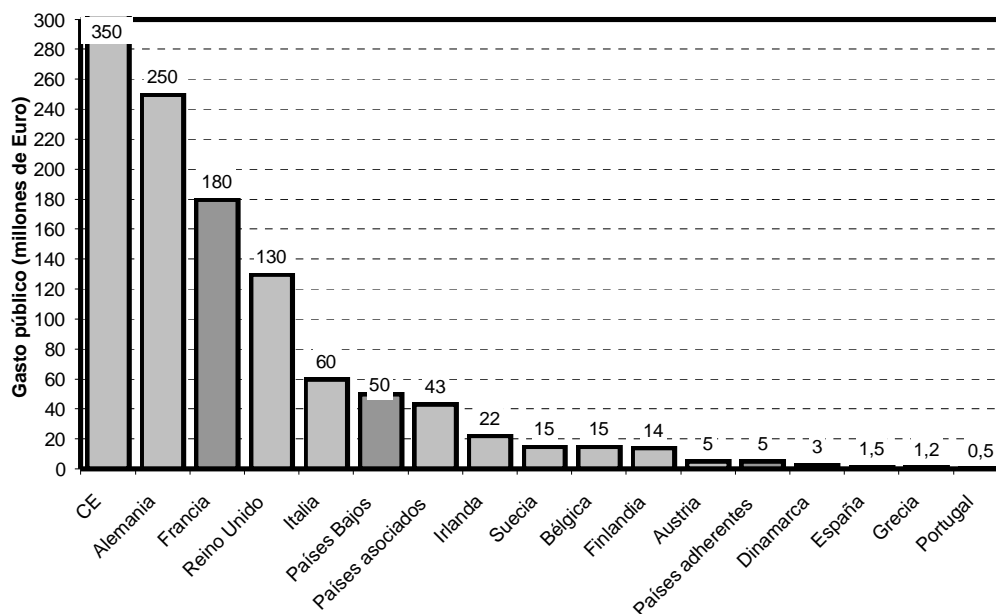


Fig. 2: Niveles de financiación de la UE -15, algunos países adherentes (CZ, LV, LT, SI), los principales países asociados (CH, IL y NO) y la CE en el año 2003. Se presentan valores totales en euros (€).



⁴⁷

Asia (APNF, ATIP, nABACUS); Europa (Bundesministerium für Bildung und Forschung (Alemania), Enterprise Ireland, General Secretariat for Research (Grecia), Inspection générale de l'administration de l'éducation nationale et de la recherche (Francia), Nanoforum, National Contact Points, CORDIS Nanotechnology Database, varias fuentes); EE.UU. (NSF); Otros (varias fuentes)

Fig. 3: Niveles de financiación de los principales terceros países (a excepción de EE.UU. y Japón) con programas de desarrollo en nanotecnologías durante el año 2003. Se presentan valores totales en dólares (\$). Estas cifras han de interpretarse teniendo en cuenta las posibles grandes diferencias de poder de compra.

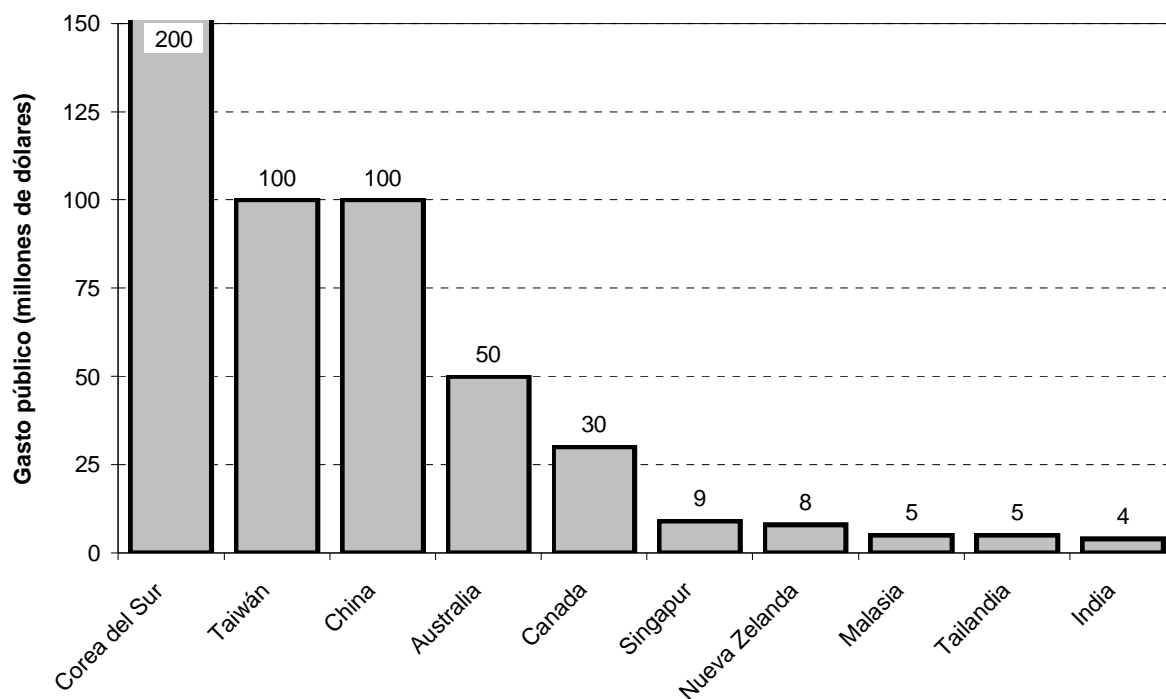


Fig. 4: Comparación de los niveles de financiación en nanotecnologías entre la UE-15, la UE-25, algunos países adherentes (CZ, LV, LT, SI), los principales países asociados al 6º PM (CH, IL y NO), EE.UU. y Japón sobre una base per capita en el año 2003. Cambio considerado: 1€= 1\$.

