

vt

informe de vigilancia tecnológica

serie  
informes de tecnologías clave de la Comisión Europea

miod

vt

CE

1

nanotecnología:  
una tecnología  
clave para el futuro  
de europa

*Ottilia Saxl*

[www.madrimasd.org](http://www.madrimasd.org)



miod

# vt

# mi+d

informe de **vigilancia** tecnológica

serie  
informes de tecnologías clave de la Comisión Europea

**nanotecnología:  
una tecnología  
clave para  
el futuro de europa**

*Ottilia Saxl*

[www.madrimasd.org](http://www.madrimasd.org)



# mi+d

*Edición española coordinada por:*



Todos los derechos están reservados. Se autoriza la reproducción total o parcial de este informe con fines educativos, divulgativos y no comerciales citando la fuente. La reproducción para otros fines está expresamente prohibida sin el permiso de los propietarios del copyright.

- © De los textos: Ottilia Saxl
- © De las traducciones: Trevor J. Sowerby  
José Ángel Oriyés Piñera

Revisado por: Carmen Rúa Morán  
Marina Urbina Fraile

Traducidos con el permiso de la CE.

- 7** INTRODUCCIÓN
- I.1 Antecedentes (PÁG. 9)
  - I.2 Contexto del Informe (PÁG. 11)
  - I.3 ¿Qué es la Nanotecnología? (PÁG. 13)
  - I.4 Las investigaciones Nanotecnológicas en el Futuro (PÁG. 15)
  - I.5 La Biomimética: el Camino hacia los Nanoproductos en el Futuro (PÁG. 18)
- 21** CAPÍTULO 1  
Retos Socioeconómicos
- 1.1 Nanotecnología y Retos Socioeconómicos en el Futuro (PÁG. 23)
  - 1.2 Asuntos Éticos (PÁG. 27)
- 29** CAPÍTULO 2  
La Base de Europa de Nanociencia y Nanotecnología
- 2.1 Fondos de la UE (PÁG. 30)
  - 2.2 Puntos Fuertes Europeos (PÁG. 31)
  - 2.3 Infraestructura (PÁG. 34)
  - 2.4 Perspectiva Global: Puntos Clave Globales (PÁG. 36)
- 37** CAPÍTULO 3  
Normativa
- 3.1 Posible Marco Regulador (PÁG. 40)
- 43** CAPÍTULO 4  
Eficacia y competitividad económica en un Mercado Mundial
- 4.1 Apoyar/fomentar/desarrollar puestas en marcha (PÁG. 45)
  - 4.2 Tratar con las nanotecnologías genéricas (PÁG. 46)
  - 4.3 Licencias y Patentes (PÁG. 47)
- 49** CAPÍTULO 5  
Nanotecnología Militar
- 53** CAPÍTULO 6  
Mirando hacia el Futuro: Retos y Visiones a Largo Plazo
- 6.1 ¿Por qué la nanotecnología ahora? (PÁG. 54)
  - 6.2 La Razón por la que la nanotecnología es tan importante (PÁG. 55)
  - 6.3 Mirando hacia el futuro (PÁG. 56)
  - 6.4 Un día en la vida en 2025 (PÁG. 57)
- 61** CONCLUSIÓN
- 63** APÉNDICE 1  
Análisis de puntos fuertes, puntos débiles, oportunidades y peligros
- 67** APÉNDICE 2  
Asuntos éticos en la Nanotecnología, con referencia especial a la Nanomedicina



“Sacamos de la vida lo que queremos y luego lo pagamos” Proverbio

Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MA) - Informe de Síntesis\*, publicado el 30 de Marzo y redactado por 1,300 investigadores de 95 naciones durante cuatro años, afirma: “El aumento en la población humana ha contaminado o sobreexplotado dos terceras partes de los sistemas ecológicos de los que depende la vida, desde el aire limpio al agua fresca, en los últimos 50 años. La actividad humana supone una carga tan grande en las funciones naturales de la Tierra que no se puede dar por sentado la capacidad de los ecosistemas del planeta para mantener futuras generaciones.”

“Para dar a los 10 billones de personas en el planeta (para 2050) el nivel de prosperidad de energía al que nosotros en el mundo desarrollado estamos acostumbrados ... tendríamos que generar 60 teravatios .. lo que equivaldría a 900 barriles de crudo al día...”.

**Richard E. Smalley**

*1996 Nobel laureate en Química<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> “Future Global Energy Prosperity: The Terawatt Challenge”. Richard E. Smalley 2 de Dic. 2004. Véase: <http://cohesion.rice.edu/NaturalSciences/Smalley/emplibrary/120204%20MRS%20Boston.pdf>



## INTRODUCCIÓN

Tomando como punto de partida las conclusiones del informe de síntesis sobre los Ecosistemas del Milenio<sup>2</sup> e inspirándose en los documentos de la UE “Towards an European Strategy for Nanotechnology”<sup>3</sup> y “Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies”<sup>4</sup> este informe identifica, en lo que se refiere a los puntos fuertes europeos, dónde hay que centrar las investigaciones en nanotecnología durante la próxima década. El objetivo de estas investigaciones es descubrir nuevas nanotecnologías que mejorarán o proporcionarán alternativas sostenibles para algunas de las actividades humanas que más gravemente están afectando el equilibrio ecológico del planeta.

Para que las investigaciones puedan convertirse en aplicaciones, tiene que haber una oportunidad para que los promotores obtengan beneficios. Esto, a su vez, dependerá de las presiones legislativas/fiscales que impulsen la aceptación de nuevos y radicales desarrollos que no dañen al planeta, y así se impulsará a la industria para que introduzca rápidamente nuevos productos de urgente necesidad al mercado.

Europa ha estado buscando una manera de unificar sus culturas y comunidades dispares. El éxito en salvaguardar el futuro sólo se puede conseguir a través de una visión coherente que englobe la UE y, si se puede obtener suficiente apoyo para esta visión, puede que sea el objetivo unificador que los políticos están buscando.

Este informe viene con una advertencia, la cual es que sólo la tecnología no nos dará una solución para los graves males del planeta. La solución es que cada uno, como individuos, tome las medidas necesarias antes de que sea demasiado tarde.

---

<sup>2</sup> “Ecosystems and Human Well-Being” Synthesis, Millennium Ecosystem Assessment, Island Press, Washington DC, “Towards a European Strategy for Nanotechnology”, Comunicación de la Comisión Europea, 2004.

<sup>3</sup> “Towards a European Strategy for Nanotechnology”, Comunicación de la Comisión Europea, 2004

<sup>4</sup> “Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies” Rapporteur, Alfred Noordman. Comisión Europea, 2004/005

## I.1 Antecedentes

La inversión en las investigaciones en nanotecnología ha aumentado en aproximadamente 1 billón de euros al año en el año 2000 y se espera que para el año 2006 vaya a alcanzar los 10 billones de euros al año en todo el mundo. El uso de la nanotecnología se está acelerando y una predicción que se hizo en los EE.UU. en el año 2000 donde se decía que en el 2015 la nanotecnología afectaría a un trillón de dólares en productos, se ha adelantado al 2010.

Según "Towards a European strategy for Nanotechnology", la nanotecnología acarrea importantes consecuencias para la mayoría de los sectores industriales, si no es para todos. Destaca particularmente la medicina, la información, la energía, materiales, la fabricación, la alimentación, el agua, el medioambiente y la seguridad como campos claves.

Los nuevos productos basados en la nanotecnología emulan cada vez más a la naturaleza, y esto requiere una comprensión profunda de cómo funciona la naturaleza en la nanoescala. Para alcanzar esto los equipos de investigación necesitan ser multidisciplinarios; y físicos, químicos, biólogos e ingenieros están trabajando juntos cada vez más para buscar soluciones innovadoras a lo que antes pudiera haberse considerado problemas intransigentes. Estos científicos e ingenieros están también contactando con otras disciplinas, tales como las humanidades, para asegurarse de que los nuevos adelantos científicos sean socialmente aceptables e inofensivos para la gente. Algo del potencial de esta importante convergencia de disciplinas se ha explorado en otra publicación de la Comisión titulada "Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies".

Una conclusión clave es que los nuevos productos y procesos que resultan de la convergencia de tecnologías con otras disciplinas, especialmente la ciencia del conocimiento, se harán cada vez más intuitivos, y parecerán integrados con el entorno exterior. Esto brinda la posibilidad de que la nueva tecnología pueda ofrecer un nivel de vida aceptablemente avanzado en el futuro, sustituyendo actividades intensivas en recursos; por ejemplo, reuniones virtuales de alta calidad, vacaciones virtuales, seguimiento sanitario y terapia a distancia, y acceso intuitivo e interactivo a información omnipresente.

Un punto clave del informe fue hacer una repuesta europea a un anterior estudio norteamericano<sup>5</sup> que examinó el potencial de las tecnologías convergentes, principalmente para aplicaciones médicas y militares, tales como la mejora y reparación

<sup>5</sup> "Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Sciences", M. Roco and C. Montemagno eds. NSF/DOC sponsored report, Arlington 2002.

de las facultades, y la capacidad de la ciencia de ofrecerles a individuos la oportunidad de mejorar el rendimiento corporal más allá de lo aceptado como normal.

Por el contrario, el punto de vista europeo de tecnologías convergentes es inofensivo para la gente, explorando cómo pueden resultar en nuevos productos y procesos más intuitivos e incluso basados en tecnología, con el potencial para una integración total con la vida cotidiana. Al mismo tiempo, el informe advirtió de la necesidad de ser consciente de la posibilidad de dependencia de las máquinas y de la oportunidad planteada por una manipulación malévola.

## I.2 Contexto del Informe

Aunque el objetivo de este informe es el de ofrecer una visión para las investigaciones en nanotecnología en Europa, el contexto de este informe debe ser global. Como fue postulado en la Teoría del Caos (en el que el revolotear de las alas de una mariposa en un rincón del globo puede tener una influencia dramática sobre la meteorología en otra parte), las cosas que cada uno de nosotros hace en el mundo de hoy, no importa cuán trivial puede parecer, pueden tener un efecto profundo en la vida de un vecino lejano.

El informe considera la tecnología como una posible ruta para identificar soluciones a los nuevos y preocupantes retos destacados en el Informe de Síntesis, Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Estos retos están relacionados con aliviar las acciones de la humanidad que nos están llevando a la desestabilización y posible colapso de los sistemas de mantenimiento de la vida en el planeta.

La industrialización ha producido la generación de enorme “riqueza” para la sociedad occidental, basado en despojar el mundo natural de sus bienes y empeorar la división entre las naciones ricas y pobres. Véase Figura 1. El ritmo de consumo y desperdicio ha aumentado de manera tan dramática y es ahora tan enorme que está amenazando la misma existencia de toda la humanidad en el planeta. No es una exageración decir que hay que tomar medidas drásticas para asegurar un futuro para la raza humana ya que los distintos sistemas de la naturaleza que han funcionado hasta ahora para preservar el equilibrio están llegando al punto del fallo crítico.

**Voces Africanas en Europa**

**Agricultura, Energía y Pobreza.** 1.2 billones de personas viven en una pobreza absoluta en todo el globo. De estos, casi 300 millones viven en África subsahariana. La mayoría de estas personas son granjeros a pequeña escala que dependen o bien totalmente, o bien en gran parte, de la agricultura y la gestión de recursos naturales para su sustento. El desarrollo de políticas en Europa deja una gran “huella” en todo el mundo pero a veces no se da cuenta del impacto de dichas políticas en los granjeros más pobres en el mundo en vías de desarrollo.

En la próxima década, dos criterios políticos claves relacionados con el desarrollo sostenible tendrán un impacto enorme en los pobres de los países en vías de desarrollo – la alimentación y la energía doméstica. Estos asuntos serán cada vez más significantes para el público europeo según aumenta la preocupación por los orígenes y la calidad de los alimentos, el impacto de sistemas globalizados de producción en el medioambiente, y los cambios en el clima producidos por combustible fósil.

FIGURA 1 *Las responsabilidades de Europa hacia África*

Página Web: <http://www.itdg.org/?id=africanvoices>

Hacia el año 2010, se espera que la población alcance 7 billones de habitantes. Véase la Figura 2. El proporcionar algo que ni por asomo se acerca al nivel actual de consumo

de los aproximadamente un billón de habitantes de las naciones industrializadas está llevando los recursos del planeta al límite.

Se puede concluir que el actual hincapié puesto por la UE y los países que la componen en “crecimiento” y “competitividad” es ahora inadecuado. El asunto imperioso ahora es impedir que el ecosistema se derrumbe y esto depende de la creación e implementación inmediata de una estrategia totalmente nueva sobre la que se puede basar la sociedad del futuro y que debe estar en equilibrio con el mundo natural.

Las nuevas tecnologías, incluida la nanotecnología, pueden proporcionar parte de la solución para crear estilos de vida alternativos en la población, que estén en armonía con el planeta. La UE puede desempeñar un papel importante en esto, poniendo el planeta en un primer plano en el próximo Programa Marco para Investigación.

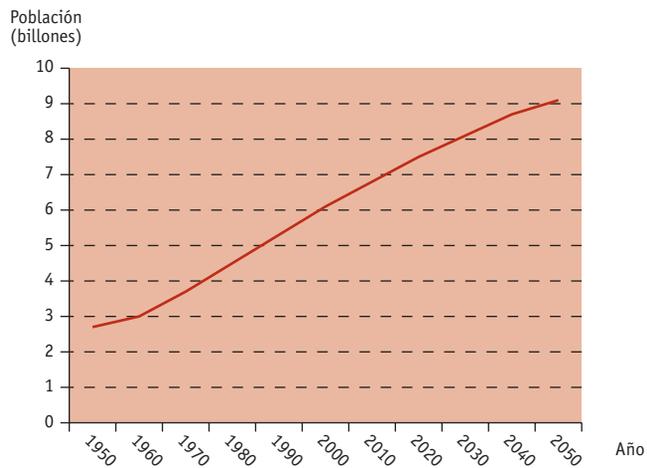


FIGURA 2 *Población mundial 1950 - 2050*

Fuente: Oficina de Censo de EE.UU. Base Internacional de Datos, versión de septiembre de 2004.

Página Web: <http://www.itdg.org/?id=africanvoices>

---

---

### I.3 ¿Qué es la Nanotecnología?

La Nanociencia es un término general destinado a describir, en el área de investigación de la materia, una escala donde las propiedades de dicha materia están definidas. La Nanotecnología es la aplicación de nuevas técnicas y la comprensión del comportamiento del material en la nanoescala.

La naturaleza es el último nanotecnólogo. El mundo consta de átomos y moléculas con los cuales la naturaleza ha construido unos sistemas complejos tanto inanimados como animados. Las rocas, la mar, el aire que respiramos, están al final compuestas por átomos y moléculas y todas las cosas vivas son sistemas cuyo funcionamiento se define totalmente en la nanoescala. La naturaleza incluso produce nanopolvos y nanopartículas cada vez que hay actividad volcánica explosiva, y manifestaciones más suaves son la arcilla y el polvo, que son productos del desgaste de la Tierra y de sus habitantes.

Muchas aplicaciones de la nanotecnología se basan en el hecho de que en la nanoescala, los materiales muestran propiedades distintas a sus propiedades volumétricas. En la forma de nanopartícula, se aumenta la relación de superficie-volumen, y cuánto más superficie se expone más activo se hace el material. Por ejemplo, las partículas de harina pueden llegar a ser muy explosivas, y los hidrocarburos en un vapor de pequeñas gotitas pueden ser mucho más peligrosos que cuando están almacenados como gasolina líquida.

Un objetivo importante de la nanotecnología es el de aprovechar las nuevas propiedades que las pequeñas partículas muestran debido a su alta relación superficie-volumen, o que se las pueda transmitir “adornando” químicamente sus superficies con otras moléculas. Estas nuevas propiedades pueden incorporarse en aparatos y sistemas más grandes, tales como nuevos sensores que pueden detectar y medir rápidamente la contaminación en el aire o el agua o analizar sangre. Las nanosuperficies también son importantes cuando se considera que la mayoría de las propiedades del material residen **en la capa superficial**, y pueden hacerse nuevos materiales simplemente rediseñando su estructura física y/o química **en la superficie**. Por ejemplo, solamente un pequeño porcentaje de minerales de arcilla formados de nanopartículas incorporados en la superficie de un polímero, puede tener como resultado una impermeabilidad y resistencia al calor aumentada, permitiendo el desarrollo por ejemplo de un nuevo envoltorio para alimentos que sea ligero, resistente a los olores y que los mantenga frescos. Otra aplicación de un material en forma de nanopartícula es la nanoplata, que puede incorporarse en textiles, recubrimientos y vendajes de heridas, ofreciendo extraordinarias propiedades bactericidas con muchas implicaciones para la atención sanitaria.

Al entender las propiedades de los materiales en la nanoescala, es cada vez más

factible diseñar y hacer materiales totalmente **nuevos**. El avance de la civilización ha estado basado en el desarrollo innovador y el uso de materiales, desde el bronce al vidrio, al estaño, al hormigón, a la pólvora – por nombrar solamente unos pocos. Al principio, los hallazgos fortuitos, conducían al desarrollo de nuevos materiales, luego, unos conocimientos más profundos de la química permitían una mejor comprensión de los orígenes de sus propiedades. La nanotecnología ha llevado esto un paso más allá y lleva a una comprensión aún más profunda de cómo los materiales derivan sus atributos y la capacidad para diseñar materiales *de novo*. Se calcula que puede haber del orden de  $10^{22}$  materiales posibles y la nanotecnología abre la puerta a la posibilidad de explotar esta caja de los tesoros de un potencial casi infinito.

---

---

## I.4 Las investigaciones Nanotecnológicas en el Futuro

La promesa de la nanotecnología yace ahora en su potencial para proporcionar unas alternativas sostenibles para algunos de los efectos de las actividades humanas que más gravemente están afectando el equilibrio ecológico del planeta, así como para ofrecer nuevos y satisfactorios estilos de vida que son inocuos para el planeta.

Sin duda, el primer obstáculo que hay que salvar es un cambio en la actitud de la población y la UE y los políticos de los países miembros necesitan tomar la iniciativa en esto.

Hoy en día, el comportamiento de los ciudadanos acaudalados de Europa y otros sitios se basa en las normas “aceptables” de:

- Consumo excesivo.
- Desperdicios excesivos, incluidos los alimentos.
- Crecimiento industrial insostenible.
- El enfoque de “la mejora de calidad de vida”.
- Viajes aéreos insostenibles. Véase Figura 3.
- Empleo insostenible.
- Urbanización desenfrenada.
- El coche como un símbolo del éxito; aún más con los coches de alto consumo.
- Pérdida de tierras cultivables (carreteras, viviendas). Véase Figura 4.
- Transporte de mercancías por carretera y aire.
- Fomento de incremento de población.
- Destrucción de tierras por cultivos intensivos.
- Importaciones y exportaciones excesivas e innecesarias de alimentos.
- Falta de uso estratégico de las TIC.

Es apremiante buscar maneras y medios para abordar esas actividades que tan gravemente están amenazando al planeta actualmente. La mayoría pueden resumirse sencilla y fácilmente en pocas palabras, pero sus ramificaciones y consecuencias son enormes.

### LA RECUPERACIÓN DE LA AVIACIÓN MUNDIAL ALCANZA LOS NIVELES PREVIOS AL 11-S

- Tras cuatro años de recuperación gradual de la cifra mundial de volúmenes de vuelo, ahora sobrepasa los de Q1,2001.
- De año en año los volúmenes de vuelo se han incrementado en un 5%.
- Las líneas aéreas de vuelos baratos y Asia- Pacífico dejan atrás las ratios de crecimiento global.
- 160 líneas aéreas puestas en marcha en potencia.

Desde Abril de 2005, las últimas cifras de OAG (Guía Oficial de las Líneas Aéreas) revelan que las líneas aéreas operarán más de 2,27 millones de vuelos mundialmente, 111.000 más que en Abril del año pasado y – lo es más significativo – 45.000 más vuelos que en Abril del 2001.

Las estadísticas aparecen en el último Quarterly Airline Traffic Statistics de OAG, un reflejo trimestral de la actividad mundial de las líneas aéreas. OAG coteja datos de más de 1.000 líneas aéreas regulares, diariamente, para dar una visión general anticipada de la demanda de viajes contra las tendencias históricas.

Como era de esperar, el mayor aumento de año en año está en China. Comparado con Abril de 2004, este mes tendrá un crecimiento del 12% en los vuelos hacia y desde China, y un enorme aumento del 20% en vuelos nacionales, unos 17.000 vuelos adicionales al mes.

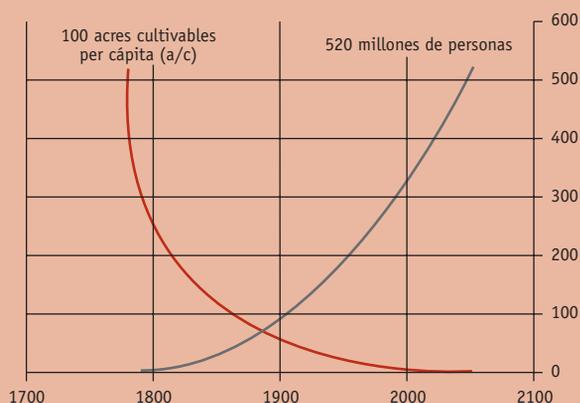
Mundialmente la cifra de crecimiento es del 5%. OAG informa de un aumento del 7% en los vuelos hacia, desde y dentro de Europa y de un crecimiento del 9% en el número de vuelos hacia, desde y dentro de África. Un saludable crecimiento del 10% en el número de vuelos intra-asiáticos se equilibra por un menor aumento del 6% en el número de vuelos hacia y desde la zona Asiático- Pacífica. El Oriente Medio sigue superando la tendencia global, con un aumento del 8% en los vuelos hacia y desde la región, y un aumento “doméstico” del 6%.

En América del Norte, Abril de 2005 tiene un aumento del 5% en los vuelos hacia y desde los EEUU y Canadá, y un aumento del 3% en operaciones domésticas. El sector de vuelos baratos en América del Norte ha tenido un aumento significativo del 12% del mercado total al 17% desde Abril de 2001, y hoy representa 147.000 vuelos del total de 838.000. Mundialmente la cuota de mercado de las líneas aéreas de vuelos baratos se ha duplicado del 6% al 12% desde Abril de 2001.

FIGURA 3 Estadísticas Globales de Aviación. Press Release: OAG Worldwide, 11 de Abril de 2005

Página Web: [http://www.oag.com/about\\_oag/company\\_info/press\\_releases/US/pr\\_QATS405.asp](http://www.oag.com/about_oag/company_info/press_releases/US/pr_QATS405.asp)

### ALIMENTACIÓN, TERRENOS, POBLACIÓN Y ECONOMÍA DE LOS EE.UU.



Resumen ejecutivo publicado el 21 de Noviembre de 1994. Para ejemplares del informe completo contactar con : Carrying Capacity Network 2000 P Street, N.W., Suite 240 Washington D.C. 20036 (202) 296-4548

Los siguientes puntos son los más destacados del estudio, "Alimentación, Terrenos, Población y Economía de los EEUU " por los doctores David Pimentel de Cornell University y Mario Giampietro del Istituto Nazionale della Nutrizione, Roma. Esta evaluación exhaustiva del crecimiento de la población de los EEUU y su impacto en la productividad agrícola de América fue encargada por Carrying Capacity Network (CCN), una organización no lucrativa en Washington, DC la cual se centra en la naturaleza interrelacionada de la economía, el crecimiento de la población y la degradación medioambiental.

#### RESULTADOS CLAVES

- Con la actual tasa de crecimiento de 1,1% al año, la población de los EEUU se duplicará a más de medio billón de personas dentro de los próximos 60 años. Se calcula que se pierde aproximadamente un acre de terreno debido solamente a la urbanización y construcción viaria por cada persona que se añade a la población de los EEUU.
- Esto quiere decir que habrá solamente 0,6 acres de tierras de cultivo disponibles para cultivar alimentos para cada americano en el 2050, con respecto a los 1,8 acres per cápita disponibles hoy. Se necesitarían al menos 1,2 acres por persona para mantener los actuales niveles alimenticios americanos. Se prevé que los precios de los alimentos aumentarán de 3 a 5 veces dentro de este periodo.
- Si siguen las tendencias del actual crecimiento de población, consumo nacional de alimentos y la pérdida de la capa superficial del suelo, los EEUU muy probablemente dejarán de exportar alimentos para el año 2025 aproximadamente porque se necesitarán los alimentos cultivados en los EEUU para uso nacional.
- Ya que las exportaciones de alimentos suponen 40 billones de euros anualmente a los EEUU, la pérdida de esta fuente de ingresos produciría un aumento aún mayor del déficit comercial de los EEUU.
- Teniendo en cuenta que Norte América es el mayor exportador de alimentos del mundo, la futura supervivencia de millones de personas en el mundo también podría ser cuestionada si las exportaciones de alimentos de los EEUU cesasen.

FIGURA 4 *“Alimentación, Terrenos, Población y Economía de los EEUU “ por los doctores David Pimentel de Cornell University y Mario Giampietro del Istituto Nazionale della Nutrizione, Roma.*

## I.5 La Biomimética: el Camino hacia los Nanoproductos en el Futuro

Las técnicas químicas tradicionales, junto con un mejor entendimiento de los procesos implicados, están siendo utilizadas para producir nanopartículas con aplicaciones específicas, por ejemplo, en sensores, pinturas, cosméticos, drogas y como agentes de contraste de imágenes. La conversión de nanopartículas en estructuras mayores ha resultado ser mucho más difícil. La manipulación individual de átomos y moléculas utilizando herramientas hechas por el hombre (tales como microscopios) para hacer estructuras mayores requiere muchísimo tiempo y es ineficaz. Hay una solución, sin embargo, emulando a la naturaleza. Todo lo que vemos a nuestro alrededor ha sido construido por la naturaleza. Los científicos están ahora centrándose en analizar cómo la naturaleza produce una estructura o atributo útil – por ejemplo, la concha ligera pero fuerte de la oreja marina, o el pequeño esqueleto de cristal finamente compartimentado de una diatomea, para ver si se pueden aprovechar o copiar las técnicas de la naturaleza en la búsqueda de mejores productos.

Para emular a la naturaleza se requiere una profunda comprensión de cómo la naturaleza funciona en la nanoescala. Para lograr esto, los equipos de investigación tienen que ser multidisciplinarios. Por ejemplo, investigadores en la Universidad de Bonn han estudiado de qué manera una hoja de loto repele el agua. En la naturaleza este proceso se consigue mediante la presencia de pequeñas partículas piramidales de cera en la superficie de las hojas. Esta repulsión, llamada el Efecto Loto, ha llegado a una aplicación industrial a través de los equipos de científicos de distintas disciplinas – físicos, químicos, biólogos e ingenieros – trabajando juntos para analizar y reconstruir las acciones de la naturaleza y transformarlas en un producto reproducible.

Un ejemplo parecido de multidisciplinariedad puede ser demostrado en el campo de diagnóstico médica basada en imágenes. En los años 80, las técnicas médicas de imágenes solamente podían detectar cambios en el aspecto de los tejidos cuando los 12 síntomas estaban relativamente avanzados. Más tarde, se introdujeron agentes de contraste en el tejido vivo para identificar más fácilmente el lugar de la enfermedad.

Hoy en día, con la aplicación de la nanotecnología, tanto las herramientas de imágenes como los agentes de contraste (basados en nanopartículas “inteligentes” llamadas puntos cuánticos) están siendo afinados con el fin de detectar la enfermedad lo antes posible, con el tiempo al nivel de una sola célula. Un reto clave para las imágenes de enfermedades ha sido crear asociaciones entre las competencias poco coincidentes de los que desarrollan la tecnología de imágenes y los que desarrollan los agentes de contraste, en un marco de aplicaciones de ciencias de la vida.

Los nanocristales fluorescentes tales como puntos cuánticos son nanopartículas que, según su recubrimiento y sus propiedades físicas y químicas, pueden enfocarse a un tejido o célula específica y ser obligados a fluorecer por imagen. Ellos ofrecen una emisión de luz fluorescente más intensa, más duradera y un espectro de colores mucho más ancho que los materiales convencionales y se supone que serán particularmente útiles para imágenes en tejidos vivos.

Otro ejemplo de la nanotecnología permitiendo la emulación de la naturaleza está en la recogida de energía y el desarrollo de células solares novedosas. Algunas células solares se basan en un entendimiento de cómo las plantas fotosintetizan; es decir, convierten la luz del sol en energía. Esto ha llevado al desarrollo de novedosas células solares basadas en polímeros que son flexibles, de producción barata, con una buena eficacia de conversión de energía solar en luz que sería muy beneficiosa para las regiones menos desarrolladas del mundo.

Actualmente, científicos e ingenieros no solamente están trabajando juntos sino que también están comprometiéndose con otras disciplinas tales como las humanidades, para asegurar que los nuevos adelantos científicos sean socialmente aceptables y que no dañen a las personas. Algo del potencial de esta importante convergencia de disciplinas ha sido explorado en el informe de la UE “Converging Technologies – Shaping the Future Societies of Europe” citado anteriormente.



## CAPÍTULO 1

# Retos socioeconómicos

Actualmente, Europa se enfrenta al reto inesperado de tratar asuntos globales potencialmente perturbadores y perjudiciales. Estos asuntos han surgido paradójicamente como consecuencia del éxito de anteriores políticas, pensadas para aumentar el crecimiento y competitividad industrial. Muchos ciudadanos de la UE, y otros países del mundo, están viviendo un momento de riqueza y poder adquisitivo sin precedentes, lo cual conlleva una pérdida constante de recursos globales y graves efectos colaterales en términos de la capacidad del planeta para atender sus demandas.

Se necesitan urgentemente nuevas estrategias de investigación para buscar que no sean perjudiciales para el planeta y que puedan también ofrecer unos estilos de vida aceptables para sus ciudadanos, en una era en la que los recursos ya no pueden seguir usándose de una manera imprudente o despilfarradora. Este informe examina cómo la nanotecnología, como una tecnología generadora con gran potencial, puede proporcionar unas soluciones como parte de un paquete de investigaciones y otras acciones. La UE no puede resolver los problemas del mundo por sí sola pero puede servir de ejemplo.

Con el Acuerdo de Lisboa del año 2000 y otras declaraciones, Europa se marcó el objetivo de crear una economía y sociedad dinámica basada en el conocimiento para el año 2020. En "Towards an European Strategy for Nanotechnology", se afirmaba que se espera que la nanotecnología, como parte de un enfoque interdisciplinar, vaya a afectar drásticamente a la medicina, a las tecnologías de la información, a la producción y almacenaje de energía, a los materiales, a la fabricación, a la instrumentación, a la alimentación, al agua y al medio ambiente y a la seguridad.

Estos asuntos aún son temas muy importantes para la investigación, pero el enfoque puede ser dramáticamente distinto a los previstos por los artífices de estas declaraciones, cuyo objetivo era un crecimiento industrial y económico. Hoy en día, debemos recapacitar sobre lo que significa una sociedad exitosa en términos mundiales, y debemos esperar, como consecuencia, la reducción e incluso la desaparición de algunas industrias que son grandes consumidoras de energía, agua o recursos minerales. Estas pueden ser tan dispares como las industrias de aviación y aeroespaciales, las industrias de fabricación de botellas y papel, las exportadoras e importadoras de alimentos de fuera de temporada, las cultivadoras de flores exóticas, y la industria de la comida rápida.

El principal reto al que se enfrenta Europa es, en esencia, doble. Por un lado, crear los medios para que sus ciudadanos lleven unos estilos de vida satisfactorios que no sean ecológicamente nocivos, - antes de que sea demasiado tarde y de que las circunstancias impongan cambios (¡el escenario menos apetecible!), y por otra parte cambiar las normas de comportamiento aceptadas de nuevas tecnologías no dañinas para el planeta. Es poco dudoso que la tecnología en general y la nanotecnología en particular puedan ayudar a hacer los cambios necesarios en el estilo de vida mucho menos dolorosos, pero no pueden lograrlo por sí mismas. Ante todo hay que hacer cambios de la conducta, los cuales quizás, y desafortunadamente, sólo pueden ser impulsados con éxito por nuevas medidas legales y fiscales.

## 1.1 Nanotecnología y Retos Socioeconómicos en el Futuro

El planeta lleva un rumbo acelerado hacia un desastre ecológico terminal. La nanotecnología no es la panacea; solamente un cambio total de actitud ahora, de las poblaciones del mundo, encabezadas por las naciones industrializadas, proporcionará alguna esperanza de legar un planeta mínimamente habitable a nuestros hijos. Sin embargo, la nanotecnología sólo es parte de la respuesta, ya que puede ofrecer algunas soluciones para encontrar un estilo de vida sostenible para el futuro. Lo que no puede hacer es invertir los daños a los sistemas naturales, una vez que empiezan a morir.

Dado que hay asuntos urgentes de importancia para el globo que hay que tratar, especialmente en lo relacionado con la energía, la alimentación y el agua, como consecuencia del calentamiento del globo y una reducción masiva de los terrenos agrícolas disponibles, a continuación hay una relación de retos, con indicaciones de las zonas donde la nanotecnología puede proporcionar soluciones que tengan un impacto menos agresivo para el planeta.

*Nota: En la siguiente relación se sobreentiende que los productos basados en la nanotecnología serán de fabricación económica, consumirán menos recursos naturales y serán “inteligentes”, es decir que responderán a las demandas de su medio ambiente inmediato.*

### 1.1.1 Energía

Reduciendo la demanda de energía no renovable basada en hidrocarburos. Según el Premio Nobel Richard Smalley<sup>6</sup>, “El desarrollo de nuevas fuentes de energía sostenible es el problema más importante al que se enfrenta la humanidad actualmente”. Las nuevas técnicas para la generación de energía renovable, la conservación y almacenaje de la energía son áreas críticas de investigación y desarrollo.

*Nano:* colectores de energía solar eficaces, ligeros, bio- inspirados; visualizadores interactivos, ligeros, flexibles para reuniones, conferencias e incluso vacaciones virtuales / periódicos virtuales; nanocompuestos para vehículos / motores de bajo consumo energético. Pilas de combustible; materiales de construcción / iluminación /

<sup>6</sup> Richard Smalley es bien conocido por el descubrimiento y la caracterización del C60 (Buckminsterfullereno, también conocido por “buckyball”), una molécula en forma de balón de fútbol que, junto con otros fullerenos tales como C70, ahora constituyen la tercera forma elemental del carbono (después del grafito y el diamante).

acristalamientos de bajo consumo energético y que ahorran recursos; embalaje ligero e “inteligente”, nano-permitida fabricación local (fabricación ascendente en el lugar de uso)<sup>7</sup>.

### 1.1.2 Agua

Administrar bien los recursos del agua. Con el recalentamiento del globo terráqueo se espera que el agua potable se convierta en un asunto más divisor que el petróleo.

*Nano:* nanosensores autocalibrantes; técnicas analíticas de alta velocidad de muestreo por localizaciones aleatorias para medir la calidad del agua; técnicas de filtración y purificación basadas en la nanotecnología usando sistemas de membranas. Ropa que no se mancha / fabricación / producción de alimentos de bajo consumo de agua.

*Nota:* Se ha descubierto que los nanotubos de carbono atrapan bacterias en el agua potable haciéndolas agruparse. Entonces pueden ser coladas y sacadas y destruidas. Véase: New Scientist, 19 de Febrero de 2005.

### 1.1.3 Medio Ambiente

Monitorizar el medio ambiente. Obtener datos de calidad sobre la velocidad y niveles de la contaminación medioambiental.

*Nano:* Sensores de contaminación de agua y aire autocalibrantes, baratos y rápidos que pueden detectar una amplia variedad de especies químicas orgánicas e inorgánicas.

Catalizadores novedosos para extraer las sustancias químicas nocivas de escapes de coches, aviones y centrales térmicas.

### 1.1.4 Desperdicios

La reducción de desperdicios es vital para ahorrar energía y recursos, incluido el agua.

---

<sup>7</sup> El concepto de “sistemas de fabricación personales” locales se está haciendo ya realidad. Los “fab labs” (laboratorios de fabricación) de la primera etapa ya están disponibles, como centros de fabricación de bajo coste que pueden ser usados por los países menos desarrollados para producir piezas pequeñas que puedan ser integradas en un conjunto mayor. Aparte de hacerlas asequibles a las comunidades más pobres, lo emocionante de estos Fab Labs es la eliminación de los gastos de transporte de las mercancías. Ya hay planes para “Fab Labs”, basados en la tecnología de la impresora de chorro de tinta que puedan actuar como máquinas de creación rápida de prototipos, fabricando artefactos sofisticados tridimensionales de modelos de ordenador poniendo capa por capa metales de nanopartículas o de otros materiales. Véase “FAB The Coming Revolution in Your Desktop – from Personal Computers to Personal Fabrication” Neil Gershenfeld, Basic Books 2005.

*Nano*: embalaje reciclable, minimalista e “inteligente” que usa menos recursos pero ofrece más atributos; capaz de monitorizar e identificar los contenidos, proporcionar datos sobre la energía para producir y transportar, y comunica su ubicación en cualquier momento. Importante para la reducción de restos de alimentos. Más por menos – los productos nano-enabled necesitan menos energía y materiales para su fabricación.

### **1.1.5 Asistencia sanitaria / Población envejecida / Enfermedades en el Mundo Menos Desarrollado**

El aumento de las demandas intensivas de recursos naturales en la asistencia sanitaria está imponiendo una carga intolerable sobre la economía de la mayoría de los países.

*Nano*: Control de la salud a distancia / diagnóstico no invasivo; análisis rápido de predisposiciones genéticas para una enfermedad que lleva a la terapéutica basada en genomas. La formación de imágenes basada en la nanotecnología y la administración dirigida de medicamentos para una identificación temprana y un tratamiento mínimamente tóxico de las enfermedades. Medicina regeneradora<sup>8</sup>. Administración de drogas/ hormonas según la necesidad utilizando la tecnología derivada de la electrónica. Implantes de retina y cocleares “inteligentes” beneficiosos para el paciente. Textiles médicos, con control de salud, transmisión de información y capacidades terapéuticas; vendajes nanoestructurados que fomentan el crecimiento de las células; la reducción de infecciones gracias a vendajes, superficies y textiles. Las tecnologías nano-enabled —nano-permitidas— para la calidad de vida de los mayores y discapacitados (visualizadores/ ayudantes autómatas interactivos, flexibles, ligeros) activados verbalmente, por un movimiento mínimo o incluso por el pensamiento. Diagnóstico y tratamientos razonables para enfermedades tales como VIH Sida, tuberculosis y malaria.

### **1.1.6 Alimentación**

Un reciente estudio gubernamental (Abril 2005) mostró que se desperdicia una tercera parte de toda la comida producida en el Reino Unido, consumiendo enormes recursos de agua y energía.

El exportar e importar carne, fruta, vegetales y flores fuera de temporada (o durante la temporada a países que ya tienen productos similares) origina contaminación del

---

<sup>8</sup> La regeneración de la función de los órganos utilizando “nanoestructuras”, con superficies beneficiosas para las células y utilizando nanomateriales que extienden los productos químicos que facilitan el crecimiento y diferenciación de las células. Estos pueden ser implantados en el cuerpo y proporcionan una estructura alrededor de la cual las células crecerán para formar un nuevo órgano o tejidos completamente integrados. Véase el Vision Paper of the European Nanomedicine Platform, publicado en Setiembre de 2005.

transporte por aire, mar y tierra, el uso excesivo de los valiosos recursos locales de agua, y la transmisión de patógenos, y también contribuyen a la pobreza de los países que producen cultivos comerciales.

*Nano*: embalaje menos derrochador, rico en características, (capaz de detectar pesticidas, deterioros, informar sobre la procedencia, etc.); embalaje antibacterial y superficies para la preparación de alimentos p.ej. utilizando plata formada por nanopartículas;

### 1.1.7 Bienestar de los Animales

*“Se juzga una civilización por como trata a sus animales”*. Mahatma Gandhi.

*Nano*: La modelación avanzada basada en ordenadores del comportamiento de las nanopartículas en los sistemas vivos y el medio ambiente a eliminar pruebas con animales; Pruebas toxicológicas y de eficacia basadas en células para nuevos fármacos y nanopartículas (más pertinentes que pruebas con animales) que llevan al uso de las células del propio paciente – la revolución de la “medicina personalizada”.

### 1.1.8 Agricultura

La cada vez menor cantidad de recursos de agua y alimentos está haciendo presión sobre la tierra cultivada que queda. Un estudio reciente ha mostrado que las bacterias que habitan la tierra son críticas para el equilibrio del oxígeno/dióxido de carbono en términos de la velocidad de respuesta.

*Nano*: nanosensores para monitorizar la salud de la tierra cultivable.

### 1.1.9 Estilo de vida

TIC intuitivas y dominantes como base de nuevos estilos de vida aceptables, globales y beneficiosos para el planeta.

*Nano*: nanomateriales para visualizaciones similares al papel, de bajo consumo, baratas y flexibles para crear entornos virtuales que ofrecen acceso gratuito y ubicuo a la información, la diversión y la educación; en textiles, mercancías domésticas. Global.

## 1.2 Asuntos éticos

Los asuntos éticos que conciernen a la nanotecnología se relacionan principalmente con las aplicaciones militares y médicas. Las aplicaciones militares, particularmente en los EEUU, están absorbiendo una alta proporción de fondos para las investigaciones en nanotecnología. En 2005, el Departamento de Defensa de los EEUU recibió 276 millones de dólares, el 28% del presupuesto general para investigaciones de la nanotecnología de los EEUU. Los EEUU también han insistido en la nanotecnología como parte de las tecnologías convergentes para la mejora del rendimiento humano, pensando en aplicaciones militares y se han celebrado varias conferencias y talleres con este tema<sup>9</sup>. Hay una línea muy fina que divide el potencial de la nanotecnología para mejorar los tratamientos médicos y la esperanza de vida, con la mejora de los rendimientos humanos, lo cual tiene connotaciones más siniestras.

La UE valora los beneficios ofrecidos por la nanomedicina, pero también es consciente de los problemas éticos que plantea. En la introducción de la comunicación "Towards a European Strategy for Nanotechnology", se deja claro que "Hay que adherirse a los principios éticos..." y "El diálogo con el público es esencial para centrar la atención en asuntos verdaderamente preocupantes...". Este tema se ha tratado igualmente en el Vision Document of the European Nanomedicine Technology Platform, que va a ser lanzado en Setiembre de 2005, en el cual se resumen muchas oportunidades para nuevos tratamientos nuevos a través de la aplicación de la nanotecnología. En dicho documento hay un capítulo entero sobre la Nanomedicina y la Ética<sup>10</sup>.

Finalmente, la Comisión Europea tiene mucho interés en involucrar a muchos de los interesados, no solamente a los expertos científicos, sino también en humanidades y público en general, en sus nuevos proyectos y programas, para asegurarse de que los beneficios corresponden a la sociedad en general, y las cuestiones de ética se debaten y se tratan abiertamente.

<sup>9</sup> "Converging Technologies for Human Performance Enhancement", 2002. See: <http://wtec.org/ConvergingTechnologies>.

<sup>10</sup> Véase el apéndice 2: Asuntos Éticos en la Nanotecnología, con especial referencia a la Nanomedicina.



## CAPÍTULO 2

# La Base de Europa de Nanociencia y Nanotecnología

## 2.1 Fondos de la UE

Los niveles de fondos para la investigación a veces son equiparados con el liderazgo en un determinado sector, aunque puede que este no sea el caso para la nanotecnología. Es difícil tener más que una idea general de los fondos para la nanotecnología globalmente. La Fig.5 muestra los niveles aproximados de gastos mundiales. Europa, Japón y los EEUU están gastando cantidades más o menos parecidas. La Fig. 6 muestra los niveles de gastos de Europa por país.

### 2.1.1 Valoración de los Gastos en Nanotecnología, por Países

El verdadero valor de los gastos o inversiones en la nanotecnología depende de varios factores:

- La escala de la industria autóctona que sacará provecho de la nanotecnología y así acelerará el proceso de comercialización a través de caminos existentes al mercado. Por ejemplo, en Finlandia, el desarrollo nanotecnológico se centra en la electrónica, productos forestales e industrias medioambientales.
- El punto hasta el que la industria ve la nanotecnología como fundamental para el éxito futuro. P. ej. algunas de las principales empresas alemanas tales como BASF, Siemens, Beiersdorf y Henkel se anticiparon en la aplicación de la nanotecnología, puesto que estiman que ofrece muchos beneficios para su competitividad en el futuro.
- El “valor” por euro que se gasta en la investigación. P. ej. en países como China, Corea y la India existe la combinación de una sociedad industrializada pero con sueldos bajos. Cada euro que se gasta en investigación en la nanotecnología compra más en términos de recursos humanos que en el oeste, quizás 10 veces más.
- Estrategia. P. ej. la fijación de objetivos por los gobiernos. La Iniciativa Nacional en la Nanotecnología de los EEUU fijó claros resultados enfocados a los objetivos para su programa de investigación.
- Usos militares. P. ej. los fondos para investigación militar en nanotecnología son con mucho los mayores gastos por sectores de los EEUU.

---

---

## 2.2 Puntos Fuertes Europeos

Europa tiene puntos fuertes reconocidos en áreas específicas de investigación nanotecnológica<sup>11</sup>, en nanomateriales, nanoelectrónica e investigación en TIC (incluida la informática cuántica); energía fotovoltaica y sensores basados en la nanotecnología. También se reconoce que tiene puntos fuertes en nanomedicina en general, incluidos diagnósticos (*in vitro* e *in vivo*), medicina regeneradora y administración dirigida de medicamentos; y esto se complementa con una capacidad reconocida para la investigación en nanotoxicología. Europa también presume de una fuerte base industrial en la instrumentación.

Igualmente Europa presenta ventajas únicas. En primer lugar, las diferencias culturales entre sus ciudadanos constituyen una ventaja en cuanto a un enfoque imaginativo de la investigación; y las políticas y el apoyo de la UE para que los investigadores adquieran experiencia de trabajo en distintos países y empresas han aumentado la capacidad de sus científicos para trabajar en equipos transnacionales y transdisciplinarios. Si, como se postula, la biomimética es el camino hacia nuevos productos y procesos perjudiciales basados en la nanotecnología y otras disciplinas, entonces esta capacidad para trabajar en equipo es de gran importancia para Europa para conseguir investigar y aplicar las tecnologías inspiradas en la biomimética con éxito.

En segundo lugar, una afluencia de matemáticos y físicos cualificados de los países de Nuevo Acceso ha llenado un vacío reconocido en la investigación europea, y añade habilidades fundamentales a los distintos grupos de investigación.

En tercer lugar, la UE y las estrategias nacionales para animar a los científicos a comercializar los resultados de sus investigaciones han producido un aumento de nanoempresas que se han formado en toda Europa. Véase Fig. 7. Esta tendencia es alentadora, ya que históricamente Europa no ha sacado provecho de los resultados de sus investigaciones. Actualmente en los EEUU hay preocupación en algunos círculos debido a los cambios en el programa SBIR (Small Business Innovation Research) que han provocado preocupación en algunos observadores porque la comercialización de la nanotecnología (una actividad de alto riesgo), pueda disminuir como consecuencia de la formación de nuevas empresas.

---

<sup>11</sup> " Nanotecnología en Europa ",TTC 2005.

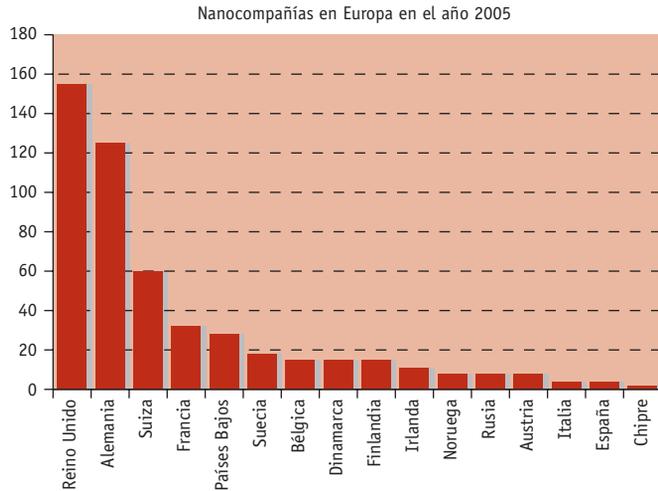


FIGURA 7 *Nanocompañías en Europa.*

Fuente: Instituto de Nanotecnología.

En cuarto lugar, y muy importante, Europa ha adoptado el desarrollo de tecnologías beneficiosas para el medio ambiente, quizás más rápidamente que la mayoría de sus vecinos industriales. El reto ahora es asignar mucho más a la investigación de esta futura actividad vital y así ganar el liderazgo mundial.

Y por último, Europa también ha mostrado interés en el desarrollo de tecnologías para las regiones menos privilegiadas, pero necesita acelerar un programa de investigación adicional enfocado al desarrollo de razonables tecnologías eficaces ahora. Un reciente ensayo de Fabio Salamanca- Buentello et al<sup>12</sup> enumera diez nanotecnologías consideradas en una encuesta de los principales nanotecnólogos como las más importantes para el mundo en desarrollo. Estas son:

- Almacenamiento, producción y conversión de energía.
- Aumento de productividad agrícola.
- Tratamiento y depuración del agua.
- Diagnóstico y detección de enfermedades.
- Administración dirigida de medicamentos.
- Procesamiento y almacenamiento de alimentos.
- Contaminación del aire y depuración.
- Construcción.
- Control de la salud.
- Detección y control de transmisores de plagas y enfermedades.

<sup>12</sup> Nanotechnology and Developing World, F. Salamanca-Buentello et al, Abril 2005.

Puede que estas no sean las diez principales para todo el mundo pero sí indican el potencial que tiene la nanotecnología para resolver algunas de las crisis en el mundo menos desarrollado, combinado con una política que reduzca el acaparamiento de activos por las naciones ricas.

## 2.3 Infraestructura

Se comenta en el "Towards a European Strategy for Nanotechnology" de la UE que "la UE... carece de una infraestructura de talla mundial... que reúna la necesaria masa crítica". Nanoforum la red Europea de Información de Nanotecnología financiada por la UE, ha elaborado un informe sobre "La Infraestructura de la Nanotecnología en Europa"<sup>13</sup>, el cual incluye información sobre el nivel y enfoque de las instalaciones de infraestructura de toda Europa. La Fig. 8 muestra el número y enfoque general de las instalaciones por países.

Si se cree que la tecnología más pequeña, más ligera y de mejor rendimiento puede aportar soluciones, para algunos por lo menos, de los actuales problemas industriales y medioambientales, es importante desarrollar una infraestructura de talla mundial a nivel europeo para agrupar a los especialistas, ingenieros e investigadores que crearán las tecnologías del futuro.

Para que Europa maximice el potencial de la nanotecnología en las zonas clave de sistemas de energía de alto rendimiento para calefacción y refrigeración, fabricación y transporte, se necesitan mejores tecnologías médicas y el suministro de agua limpia, programas coherentes de investigación y desarrollo, respaldados por una infraestructura necesaria. En Europa, esto está por regla general fragmentado, a menudo innecesariamente duplicado y dispersado por las naciones y regiones europeas.

Además, la biomimética, o la emulación de la naturaleza, es el camino más probable hacia estos nuevos productos y procesos, las instalaciones e infraestructuras de la nanotecnología que Europa necesita para poder arreglárselas con las complejas demandas de la química orgánica e inorgánica, la electrónica y la investigación en Ciencias de la vida.

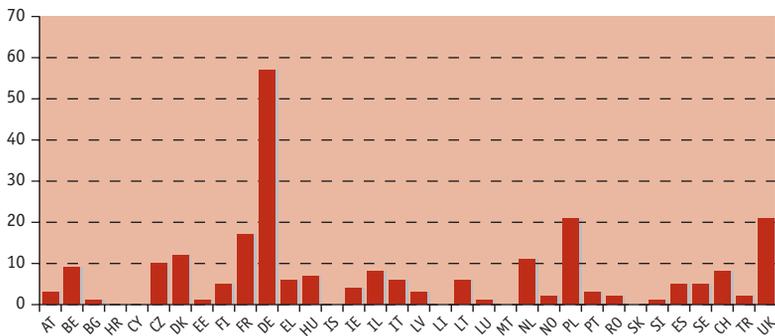


FIGURA 8 Infraestructura N&N en la UE y estados asociados (por países). Un total de 236 centros con fabricación extensiva y/o instalaciones analíticas fueron identificados.

Fuente: Nanoforum.

<sup>13</sup> "Nanotechnology Infrastructure in Europe", Nanoforum, 2005. [www.nanoforum.org](http://www.nanoforum.org).

Con vistas a alcanzar importantes nuevos objetivos, es necesario tomar urgentemente decisiones en cuanto a qué debería consistir una red europea estratégica de infraestructuras y evaluar las capacidades requeridas por cada nodo y hacer la inversión necesaria.

## 2.4 Perspectiva Global – Puntos Clave Globales

Los asuntos graves de calentamiento global, amenazas para los recursos de agua y alimentos, y los retos de la atención sanitaria en sociedades ricas y pobres con los que se enfrenta la sociedad son de carácter global y exigen una respuesta global. Hay dos escenarios extremos en cuanto a la aceptación pública de la gravedad de la crisis. Uno es la reticencia de poblaciones (e incluso gobiernos) para cambiar costumbres de consumo arraigadas o hacer algún otro “sacrificio”; el otro (menos probable) es que las políticas que fomentan cambios en el estilo de vida y la aplicación de tecnologías beneficiosas para el planeta sean adoptadas con entusiasmo y conduzcan a la unificación de distintas culturas en un objetivo común.

En todo el mundo, hay muchos grupos e instalaciones de investigación. Es posible que haya una considerable duplicación de investigación, y la falta de comunicación a través de las fronteras nacionales puede que esté originando unos progresos más lentos de lo necesario. Es vital que la UE tome la iniciativa con sus programas Marco VII y VIII (FP7 y FP8) centrándose en investigación orientada a objetivos en relación con estos asuntos globales y que busque activamente socios internacionales donde sea posible para acortar la realización de estos objetivos.

Las actividades donde la nanotecnología puede ser relevante para identificar soluciones están enumeradas en el Capítulo 1.

## CAPÍTULO 3

### Normativa

Con cualquier tecnología nueva, siempre hay partidarios vociferantes y detractores vociferantes. La nanotecnología no es ninguna excepción, especialmente como parece ser la próxima tecnología de ondas siguiendo de cerca los organismos modificados genéticamente, y dado la connotación negativa de OMGs, en la opinión pública, la nanotecnología, aunque no hay ninguna conexión, también puede ser percibida de manera negativa. Es posible que la nanotecnología ofrezca muchos beneficios a la sociedad, así que hay que hacer grandes esfuerzos para fomentar estos beneficios, así como tratar las preocupaciones.

Se ha reconocido que puede haber peligros con el medio ambiente y la salud asociados con la emisión incontrolada o no regulada de algunas nanopartículas en el mismo, incluidos los nanotubos de carbono. Esta emisión podría ocurrir durante el desarrollo, fabricación, incorporación, uso o eliminación de productos. Los peligros de nanopartículas de diseño también han puesto de relieve los peligros de otras nanopartículas, creadas por la naturaleza, o como subproductos de procesos industriales ya existentes y de otros. Los segundos incluyen productos de combustión de los motores de aviones y de coches, y finos polvos de metal o productos de escape producidos por algunos procesos industriales, los cuales pueden provocar daños a la salud y al medio ambiente.

El debatir los peligros de la nanotecnología está cargado de problemas, particularmente como la nanotecnología es un término global, y no se aplica a una sola tecnología o aplicación. Hasta ahora, parece que los peligros están asociados solamente con nanopartículas, las cuales también ofrecen muchas oportunidades. Por ejemplo, la investigación médica está muy satisfecha por la posibilidad de utilizar nanopartículas fluorescentes, llamadas puntos cuánticos, como marcadores de enfermedades únicas, ayudando a diferenciar entre los desarrollos malignos y benignos, y también en la detección y tratamiento de la enfermedad precozmente. Sin embargo, la toxicidad de estas partículas no se entiende completamente, y es preciso trabajar para determinar cómo se pueden utilizar estas partículas con seguridad para alcanzar importantes objetivos tanto de diagnóstico como terapéuticos. Europa es afortunada por tener destacados puntos fuertes en esta actividad, pero se necesitan nuevas investigaciones tanto en la modelación del comportamiento de las nanopartículas como en pruebas basadas en células en vez de en animales, como el único camino práctico a seguir.

Es preciso informar al público sobre los beneficios de la nanotecnología, así como sobre los peligros, y asegurarles que estos serán bien investigados y regulados.

A menudo, los científicos han hecho caso omiso de la importancia de la necesidad de informar y comunicarse con el público. El Gobierno del Reino Unido entendió muy pronto que era preciso tomar medidas y encargó a la Real Sociedad y a la Real Academia de Ingeniería (citados en el texto) que investigasen sobre los beneficios

potenciales de la nanotecnología, los posibles riesgos, y sobre las acciones que se deberían llevar a cabo respecto a ambos.

Una encuesta, encargada como parte del informe arriba mencionado, encontró que el público tenía unos puntos de vista tanto positivos como negativos sobre la nanotecnología. Les entusiasma la idea de nuevos avances particularmente en la medicina y en la creación de nuevos materiales; tenían la sensación de que los desarrollos formaban parte del progreso natural; y tenían la esperanza de que mejorasen la calidad de la vida. Hubo preocupaciones respecto a las implicaciones financieras; al impacto sobre la sociedad; la fiabilidad de nuevas aplicaciones; los efectos secundarios a largo plazo y si las tecnologías podrían ser controladas. El tema de la Institucionalización de las nanotecnologías también fue sacado a colación, en cuanto a qué instituciones se podría confiar para asegurarse de que las nanotecnologías serían beneficiosas para la sociedad. Se hicieron comparaciones con temas anteriores: los organismos modificados genéticamente y la energía nuclear.

Basándose en la encuesta y en un amplio diálogo con muchos de los interesados, el informe de la RA/RAE hizo varias recomendaciones. Estas incluyeron un programa de investigación en actitudes públicas más sostenido y extenso, debería emprenderse ahora un debate sobre el futuro de las nanotecnologías, para informar de decisiones clave, y un diálogo público sobre el desarrollo de las nuevas tecnologías. Hizo hincapié en que la Institucionalización también sería un tema apropiado a tratar cuanto antes. Se puede acceder al informe completo en [www.nanotecn.org](http://www.nanotecn.org).

### 3.1 Posible Marco Regulador

Una recomendación clave del informe RA/RAE fue establecer un marco regulador lo suficientemente pronto para asegurar la confianza del público. El informe añadió unos comentarios sobre el planteamiento de las normas. Por ejemplo, indicó que se espera poco riesgo cuando las nanopartículas están fijadas en un material, pero donde existen riesgos de escape durante la eliminación, destrucción o reciclaje, sugirieron que los fabricantes publicasen procedimientos que explicasen cómo deben de manejarse estos materiales para minimizar la posible exposición de los humanos y medio ambiente. Similarmente, aceptó que algunas nanopartículas fabricadas serán más tóxicas por unidad de masa que partículas más grandes de la misma sustancia química.

Se hicieron las siguientes recomendaciones:

- Que el Comité Ejecutivo de Salud y Seguridad realizase un análisis de lo apropiado de la normativa existente para evaluar y controlar la exposición en el lugar de trabajo a las nanopartículas y nanotubos, incluida la relacionada con un escape accidental.
- Mientras tanto, es preciso fijar los niveles ocupacionales de exposición más bajos para productos químicos cuando se producen en esta gama de tamaños; que los productos químicos producidos en forma de nanopartículas y nanotubos deberían de tratarse como nuevos productos químicos en estos marcos reguladores.
- Los umbrales de producción anual que provocan las pruebas y las metodologías de pruebas relacionadas con las sustancias en estos tamaños deberían de analizarse según vayan siendo disponibles más pruebas toxicológicas.
- En las listas de ingredientes para productos al consumidor deberían de hacer constar que se han añadido nanopartículas sintetizadas.

Finalmente, el informe reconoce que casi no hay información sobre el efecto de las nanopartículas en otras especies que no sean humanas ni cómo se comportan en el aire, agua o tierra, ni sobre su capacidad para acumularse en cadenas alimenticias.

Hasta que se sepa más, la emisión de nanopartículas y nanotubos al medio ambiente necesita evitarse en lo posible. El informe recomendó específicamente que “las fábricas y los laboratorios de investigación tratasen las nanopartículas y nanotubos sintetizados como si fuesen peligrosos..., y que el uso de nanopartículas libres en aplicaciones medioambientales... sea prohibido”.

Desde que se publicó el informe, el Gobierno del Reino Unido, coordinado por DEFRA (Departamento para Medioambiente, Alimentación y Asuntos Rurales), se ha embarcado en un ejercicio para identificar a los productores de nanopartículas en el

Reino Unido, los niveles y composición de las nanopartículas importadas, y de todos los productos en el mercado del Reino Unido que contengan nanopartículas. También se han creado varias redes de investigación e información para identificar los peligros potenciales para la salud y el medio ambiente.



## CAPÍTULO 4

# Eficacia y Competitividad Económica en un Mercado Mundial

Al principio puede que las tecnologías beneficiosas para el planeta no parezcan atractivas para los inversores, pero pueden llegar a serlo cuando su uso es impulsado por la legislación o incentivos fiscales. Aquí, es esencial la comunicación entre la política, la investigación y la industria para definir los objetivos de las tecnologías del futuro. Los legisladores europeos pueden dirigir la inversión y así animar a la industria para que investigue los tipos de nuevos productos y procesos que se necesitan para las aplicaciones del siglo XXI mencionadas en capítulo 1.

---

---

## 4.1 Apoyar/fomentar/desarrollar puestas en marcha

Parece que hasta la fecha la comercialización de las nanotecnologías está siguiendo un camino único. En primer lugar, como muchos aspectos de la cartera de productos de una gran empresa podrían ser influenciados por la nanotecnología, la decisión en cuanto a dónde colocar la inversión en investigación es difícil, así que en su lugar muchas empresas se han preferido la observación de la tecnología. Los adelantos importantes en la investigación en la nanotecnología a menudo tienen más de una aplicación en más de una industria. Esta es ahora una situación favorable de ganar-ganar y las nuevas empresas de nanotecnología a menudo pueden registrar distintos aspectos de su tecnología con varias empresas diferentes sin ningún conflicto de intereses. Por ejemplo, la Universidad de Bonn, que se especializa en el “Efecto Loto” (tecnología repelente de líquido/suciedad) ofrece estos conocimientos a muchos clientes importantes entre los que se incluyen BASF (zapatos autolimpiables), Creavis (plásticos) y ITV Consortium (textiles), BYK Chemie (aditivos), Líqui Moly (cuidado del coche), ERLUS (cerámicas), Tigre ISPO (recubrimientos, pinturas), Ferro (recubrimientos inorgánicos), Schoeller Hoesch (papel y vellón).

A diferencia del pasado, muchos adelantos importantes en las nanotecnologías están siendo desarrollados por empresas pequeñas, y puede que esto siga siendo el caso. Para llegar al mercado, la investigación y el desarrollo nanotecnológico solamente tienen posibilidades de tener éxito si se cumplen dos condiciones: La primera es que es preciso crear grupos o sociedades multidisciplinarios. Por ejemplo una empresa de crear marcadores de nanopartículas que fluorescen en presencia de células enfermas necesita asociarse con una empresa médica de formación de imágenes. La sociedad también tendrá que involucrar a empresas que incluyan medidas dinámicas, pro-activas, procesamiento de datos, análisis de imagen y técnicas de visualización para llevar el producto al mercado con éxito. La segunda, las pequeñas empresas a veces no tienen salida al mercado, así que tienen que asociarse con una gran empresa ya establecida en el sector. El ejemplo de arriba también demuestra esto, ya que la empresa de las nanopartículas se asociará con la mayor empresa de imágenes establecida para acortar el tiempo de llegada al mercado.

## 4.2 Tratar con las nanotecnologías genéricas

Como se indicó anteriormente, las pequeñas empresas de nanotecnología a menudo son poseedoras de propiedad intelectual que consolida aplicaciones y usos que podrían ser de gran alcance para una determinada aplicación. Por ejemplo, una pequeña empresa de Oxford, Oxonica, tiene aplicaciones para sus técnicas en el diseño de nanopartículas en áreas tan diversas como cremas protectoras de sol y cosméticas, agentes de contraste para la formación de imágenes médicas, tecnología antifalsificación y aditivos de combustible, y se asocia con una variedad de industrias no relacionadas para comercializar cada aplicación.

Es evidente qué nanotecnologías son las ganadoras, en términos de aplicación amplias y perjudiciales. Estas empresas/organizaciones son las joyas de la corona “nanotecnológicas” de cualquier país que las posea, y tienen que ser creadas y desarrolladas con cuidado, y Europa necesita iniciativas especiales para asegurar la supervivencia y éxito de las empresas con tecnologías tan valiosas.

---

---

### 4.3 Licencias y Patentes

Los asuntos de licencias y patentes a menudo retrasan o impiden el desarrollo y aplicación de nuevas nanotecnologías y se busca una mejor alternativa al actual sistema internacional de patentes, especialmente dados los nuevos objetivos de la nanociencia, los cuales deben pasar a ser objetivos de las nanotecnologías. Se sugiere que, ya que es casi toda la investigación y desarrollo relacionados con la nanotecnología tienen lugar en el ámbito de la investigación básica, pueden surgir problemas relacionados con las colaboraciones entre organizaciones rivales a la hora de compartir nuevos conocimientos. Esto es debido a que los derechos de propiedad intelectual y particularmente el sistema internacional de patentes solamente son competentes para las soluciones técnicas, las cuales son imposibles de desarrollar sin la investigación básica.

Por consiguiente, nuevos planteamientos del IPR (Informe sobre Información y Problemas) pueden ser necesarios, con mecanismos para evaluar los derechos intelectuales y financieros, en relación con la transferencia de conocimientos científicos y técnicos, y enfocados a acortar la distancia y el tiempo entre la ciencia básica y la aplicada.



## CAPÍTULO 5

# Nanotecnología Militar<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Fuente: Nanoforum. [www.nanoforum.org](http://www.nanoforum.org)

Un tema principal a tener en cuenta es cómo las nanotecnologías pueden afectar a la defensa y a la futura carrera armamentística. Las tecnologías convergentes (según se describe en el apartado I.2 de la Introducción) empleadas para mejorar el rendimiento humano presentan unos atractivos obvios, tales como la mejora de la resistencia, la fuerza y la capacidad para tratar múltiples situaciones y procesar información de manera más eficaz.

La historia también nos demuestra que los adelantos en la tecnología han llevado a que los militares desarrollen armas más pequeñas, más móviles y más poderosas, sistemas de vigilancia y otro equipamiento militar. Mientras esto se puede desarrollar bajo los auspicios de salvaguardar la libertad y asegurar la seguridad, tales artilugios, si continúan siguiendo las tendencias actuales podrían dar origen a una carrera armamentística parecida a la de armas nucleares.

Para impedir dicha intensificación debe de haber unas normativas acordadas internacionalmente. Por ejemplo, un día la nanotecnología podría hacer aparatos de vigilancia y armas que son virtualmente indetectables y que tienen capacidad de mando a distancia, lo cual plantea temas de dónde está la línea divisoria entre asegurar la seguridad e infringir los derechos humanos. Como consecuencia, las acciones unilaterales de un país contra otro podrían llegar a ser más dirigidas y más difíciles de vigilar por la comunidad internacional. Salvaguardar estas tecnologías será crucial – impedir que otras organizaciones se apropien de ellas o las compren.

Actualmente la principal declaración pública por parte de un país afirmando que está desarrollando aplicaciones de las nanotecnologías para usos militares viene de EEUU. En 2001 los EEUU invirtieron 125 millones de dólares en iniciativas nanotecnológicas para el Departamento de Defensa. El presupuesto sugerido para 2005 incluye 276 millones de dólares para el citado departamento y un millón de dólares para la seguridad interna (la suma de ambos representa aproximadamente el 28% del presupuesto total para la nanotecnología). Por ejemplo, el Instituto de Nanotecnologías para Soldados (ISN) fue fundado en 2002 bajo un contrato de cinco años y un presupuesto de 50 millones de dólares en fondos de la milicia de los EEUU. Actualmente intenta fabricar un uniforme militar que proporcione una mejor protección, monitorice los signos vitales y (al mismo tiempo) sea más ligero que el equipamiento tradicional.

El Ministerio de Defensa del Reino Unido (MOD) también está financiando algunos aspectos militares de la nanotecnología incluyendo nuevos materiales estructurales, aparatos electrónicos e interferencia cuántica, aunque esto está en una escala mucho más pequeña (aproximadamente £ 1.5 millones al año). Estas investigaciones se llevan a cabo principalmente a través de la Agencia para la Investigación y Evaluación de Defensa (DERA) y su Programa de Investigación Corporativo, aunque el MOD reconoce que es esencial mantener una relación estrecha con la investigación académica para

mantenerse al día de los desarrollos en la nanotecnología que pudiesen tener aplicaciones en la defensa.

Suecia ha invertido 11 millones de euros durante 5 años en investigación de nanotecnología con fines militares a través de FOI (Agencia Sueca de Investigación en Defensa). La financiación se divide entre siete proyectos de investigación (involucrando universidades, principales empresas de defensa y algunas nuevas empresas de alta tecnología) y se centró durante los dos primeros años en estudios de viabilidad antes de entrar en una fase orientada a la aplicación.

Recientemente la UE ha publicado una convocatoria para propuestas y actividades de apoyo en el ámbito de la acción preparatoria sobre “el aumento del potencial industrial europeo en el campo de la investigación en la seguridad”. Mientras esto no menciona específicamente las nanotecnologías, muchas de las actividades tienen conexiones tecnológicas implícitas (tales como sensores, dispositivos de localización) bajo los temas de proyecto de “Mejorar la conciencia de la situación” y “Protección contra el terrorismo (incluido bioterrorismo e incidentes con sustancias biológicas, químicas y otras)”. Hay un presupuesto de 65 millones de euros desde 2004 – 2006, el cual es un precursor de un Programa de Investigación de Seguridad mucho más grande que empezará en el 2007.



## CAPÍTULO 6

# Mirando hacia el Futuro: Retos y Visiones a Largo Plazo

## 6.1 ¿Por qué la nanotecnología ahora?

¿Por qué la nanotecnología ha adquirido importancia en este momento?. Es debido a que adelantos científicos (tal como el microscopio de exploración) de los últimos 30 años poco a poco nos han permitido “ver” átomos y moléculas, y manipularlos de forma controlada. Esto nos ha llevado no solamente a unos conocimientos más profundos de las propiedades de los materiales, sino, lo que es más importante, a la capacidad de diseñar materiales con nuevas propiedades e incluso crear materiales completamente nuevos hasta ahora desconocidos en la naturaleza, tales como nanotubos de carbono.

Un nuevo nanomaterial hecho por el hombre, nanotubos de carbono, (cilindros huecos de átomos de carbono), fue aislado por primera vez en 1991, y cada año que pasa se descubren nuevas aplicaciones. Estas aplicaciones se relacionan con la rigidez estructural, flexibilidad y resistencia de los nanotubos,. Estos nanomateriales son 10 veces más fuertes que el acero pero pesan 1/6 parte; pueden ser conductores o semiconductores, poseen una superconductividad intrínseca, son conductores termales ideales y también se portan como emisores de campo. No es difícil concebir algunas de las muchas y tremendas oportunidades que estos y otras aplicaciones de la nanotecnología, presentan.

---

---

## 6.2 La razón por la que la nanotecnología es tan importante

La nanotecnología está presente en las agendas de investigación de las naciones industrializadas desde los años ochenta y noventa. Al principio, la investigación en nanotecnología fue impulsada por las necesidades de la industria electrónica en particular, la cual veía las tolerancias en la nanoescala como esenciales para hacer productos de mejor calidad. Esta industria también se dio cuenta a través de sus actividades de I+D, que nuevas propiedades de los materiales surgían en la nanoescala. Dichas propiedades podrían ser utilizadas para almacenar y procesar mayor cantidad de información en volúmenes cada vez más pequeños.

Estos primeros conocimientos y aplicaciones de la nanotecnología en electrónica se convirtieron en la base de trabajos posteriores en muchas disciplinas y sectores. El darse cuenta de que el mundo opera en una nanoescala, y que utilizando la nueva tecnología se podría observar, y lo que es más importante, emular el mundo natural, ha originado que los gobiernos adopten la nanotecnología y sus oportunidades multivariantes con la energía. La Figura 5 ilustra la escalada de financiación nacional para la nanotecnología desde 1998. El notable aumento en el 2000 representa el momento cuando La Fundación Nacional de Ciencia en los EEUU anunció la National Nanotechnology Initiative, y desde entonces distintos países han hecho lo mismo, invirtiendo millones de euros en investigación y desarrollo. En 2005 se gastaron aproximadamente un billón de euros en todo el mundo.

La innovación es impulsada por los beneficios financieros, apoyados por el consumismo, la legislación y contingencias, como la guerra o las enfermedades. La industria aeroespacial y la del automóvil, paralelamente con la defensa han adoptado la innovación. Poco a poco y con una lentitud sorprendente, los gigantes de la medicina y de la industria farmacéutica se han dado cuenta de las oportunidades ofrecidas por la nanociencia y la nanotecnología. Hoy en día, de manera inapropiada, la financiación militar para la nanotecnología está dejando atrás a cualquier otra. De manera inapropiada, porque es difícil identificar el peligro. Mientras las industriales están buscando maneras de utilizar la nanotecnología para mejorar sus productos (p.ej. nanorecubrimientos que repelen la suciedad y que son resistentes a los arañazos para los parabrisas, ventanas e incluso las lentes de las gafas), es más difícil entender lo que impulsa la investigación militar.

## 6.3 Mirando hacia el futuro

La nanotecnología es una faceta muy importante de un espectro de tecnologías que pueden ofrecer algunas soluciones para crear un futuro sostenible. El punto comercial clave de la nanotecnología se anuncia como: ofrecer beneficios para el medio ambiente a través de “más por menos”; el concepto de poder añadir más características en productos más pequeños y más inteligentes. Esto debería extrapolarse a productos que usan menos recursos (reduciendo desperdicios y contaminación) para producir, y que consumen menos energía. El mensaje es que la tecnología puede ayudarnos a hacer los cambios necesarios fundamentales en el estilo de vida que nos exige el futuro. La nanotecnología, junto con otras tecnologías, puede proporcionar alternativas a actividades que son intensivas en recursos naturales; y también pueden ofrecer nuevas oportunidades para un estilo de vida satisfactorio en este mundo futuro, sin perjudicar nuestro medio ambiente.

La aplicación de la nanotecnología también tiene sus desventajas, en cuanto a conocimientos incompletos. Aunque podemos hacer materiales nanoderivados, totalmente nuevos, especialmente nanopartículas y nanotubos de carbono, no se entiende completamente cómo se comportarán en sistemas vivos y en el medio ambiente. Algunas nanopartículas parecen ofrecer enormes beneficios para la asistencia sanitaria – en la administración de los medicamentos al lugar de la enfermedad, y como agentes de contraste en la identificación y tratamiento prematuros de la enfermedad. Por lo tanto es esencial entender como funcionan estas nanopartículas, y lo que pueden ser sus efectos a largo plazo en el cuerpo humano, para así comprender al máximo sus beneficios.

---

---

## 6.4 Un día en la vida en 2025

Rogelio se despierta con el sonido de un despertador suave. Aunque es Noviembre, la casa está agradablemente caliente ya que ha sido construida de materiales nanocompuestos y de energía eficaz, especialmente diseñados para mantener el entorno caliente en invierno y fresco en verano. Las ventanas tienen un nanorecubrimiento que deja entrar la luz filtrada y retiene el calor; y repelen la suciedad así que nunca hace falta limpiarlas. Rogelio odia limpiar las ventanas.

Él dice “Las noticias, por favor” y una pared de su habitación de repente se ilumina, y muestra escenas, con un comentario, sobre los últimos acontecimientos en el mundo. Dice, “el tiempo en Estocolmo, por favor” y la imagen cambia para mostrar un mapa del tiempo, con la previsión del día. Entonces dice, “Bien, gracias”, y la pantalla se convierte en papel pintado de nuevo.

Entonces, Rogelio se levanta y va al cuarto de baño. El agua se recicla constantemente, usando nanofiltros. Se lava y se limpia los dientes con una pasta dentífrica que incorpora hidroxiapatita y otras nanopartículas. Como consecuencia, sus dientes están perfectos, sin empastes ni caries. Sin embargo, Rogelio no es completamente perfecto. Tuvo un accidente de niño y como consecuencia su oído quedó dañado; pero gracias a la nanotecnología, ahora tiene un pequeño implante coclear que no necesita ninguna fuente de alimentación externa. Fue colocado hace unos años, casi sin dolor, y le costó aproximadamente lo mismo que una camisa nueva. La calidad del sonido significa que no tiene ningún impedimento en absoluto en facultades. Esta tecnología está disponible a un precio económico en todo el mundo, igual que muchos adelantos médicos basados en la nanotecnología.

Durante el día, Rogelio es un ejecutivo muy ocupado, trabajando en un conocido banco. Cuida su salud y sabe que tiene una propensión genética a enfermedades del corazón (comprobó su genoma él mismo utilizando un instrumento barato, del tamaño de la palma de la mano) así que se asegura de monitorizar todos sus sistemas “vitales” cada mañana. En el cuarto de baño, agarra una pequeña “manilla” durante unos pocos minutos y, en pocos segundos, su pulso, tensión sanguínea y nivel de colesterol aparecen en el espejo del cuarto de baño. Si quiere saber algo más como su nivel de azúcar en la sangre, tendrá que esperar un poco más, pero no se molesta. Parece que todo está bien.

Después de lavarse, Rogelio se pone la ropa, que es tratada para quedar limpia y fresca, y sin arrugas. Esto la hace mucho más eficaz en cuánto a la energía – y él parece muy elegante. Su desayuno suele consistir en fruta, pan, avena cocida y yogurt – estos son alimentos “nutrigenómicos”; modificados especialmente para proporcionar el tipo de nutrición óptimo para mantener su corazón en buenas condiciones, y ayudar a su bienestar general.

Le espera un día ajetreado. Rogelio decide empezar a trabajar. Podría usar su habitación como su despacho pero prefiere trasladarse a otra habitación. Cuando abre la puerta, ya puede ver que algunos de sus compañeros de trabajo ya están trabajando, en esta oficina virtual. La persona más cercana, geográficamente hablando, en la realidad vive a cuatrocientos kilómetros. Sabe que tiene una serie de reuniones programadas para hoy con clientes de todo el mundo. El viajar ya no es la norma, y es sencillo reunirse con la realidad virtual. La tecnología lo hace tan natural que unas personas han olvidado que están hablando con un holograma e intentan darse la mano o darse una palmada en la espalda. Según progresa el día, se pone en contacto con sus compañeros de trabajo, que viven en lugares muy diferentes, pero todos se encuentran tan a gusto con la tecnología que siente que están realmente en la misma habitación. Incluso toman el almuerzo virtual juntos!

Rogelio recuerda los días cuando la gente viajaba en coche o avión, hasta que las sequías, incendios, la hambruna, plagas y huracanes eran tan frecuentes que las pruebas científicas de un desastre ecológico global, irreversible e inminente no podían ser ignorados. Los gobiernos tuvieron que tomar unas decisiones muy contundentes para asegurar la supervivencia del planeta y la continuación de la raza humana. Quedó prohibido viajar excepto en emergencias, se impuso el uso de nuevas formas de energía a través de la legislación, tales como la adopción de tecnologías de energía renovable (principalmente solar) y siendo prioritario el ahorro de energía.

Las industrias de la aviación y del automóvil se hundieron completamente. Se produjo una revolución en la fabricación, al hacerse imposible el transporte de mercancías no esenciales. En su lugar, unidades locales de fabricación personales se convirtieron en la norma, creando productos que eran elaborados por medio de algo parecido a la tecnología de chorro de tinta, pero en 3-D.

Se empezó a controlar la salud de la población a distancia, y la mayoría de los pacientes podían ser tratados precozmente, en sus casas, ahorrando energía y otros recursos. La tecnología permitía que las enfermedades fuesen identificadas a nivel de unas pocas células, y tratadas in situ. En casos extremos, los pacientes podían ir a pequeñas unidades quirúrgicas locales que contenían el último equipamiento. En estos momentos, había fondos para implementar las curas largamente esperadas para las enfermedades del mundo menos desarrollado (las cuáles existían desde hace tiempo pero no habían sido consideradas económicamente por los que las desarrollaron). Reinaba la confusión en la industria, incluida la industria alimenticia. Los alimentos tenían que ser cultivados y consumidos localmente, así que se crearon nuevos sabores para proporcionar una variedad en el gusto; y muchos alimentos fueron modificados científicamente para proporcionar beneficios para la salud e impedir la manifestación de enfermedades heredadas genéticamente. Estos fueron cultivados especialmente en unidades aisladas.

Rogelio de vez en cuando pensaba en sus momentos de ocio que la vida en el 2025 realmente no estaba mal. Su casa era cómoda, podía comunicarse con cualquiera de sus amigos en todo el mundo, y, cuando se aburría, podía transformar su entorno, usando unas órdenes habladas, en un paraíso con playa; solamente faltaba el mar de verdad. Sin embargo, prefería salir a dar un paseo afuera y maravillarse del milagro de la naturaleza. El asfalto de muchas carreteras, caminos y jardines había sido arrancado y la tierra subyacente cuidada concienzudamente hasta que se repuso en un intento desesperado para regenerar la preciosa bacteria, proveedora de un ambiente saludable del de toda vida dependía.

La agricultura también había cambiado drásticamente. Ya no existían los fertilizantes y pesticidas asesinos; aunque algunos cultivadores tenían una licencia para producir alimentos especiales que pudieran contrarrestar algunas enfermedades heredadas. La gente tenía suerte también en que la ciencia había descubierto una manera de animar al cuerpo para que regenerase sus propios tejidos y órganos, que no hacían falta trasplantes, incluso en casos graves de fallo de órganos.



## CONCLUSIÓN

Es preciso un cambio importante inmediato en todo el concepto de crecimiento industrial, sobre el cuál está basada nuestra existencia actual. La Agenda de Lisboa, en este tema, no ataca suficientemente fuerte, solamente hace alusión a la sostenibilidad.

Hace falta mucho más en términos de una visión y una estrategia para el futuro de Europa (y del planeta). La razón de esto es que nuestro medio ambiente está tan afectado por las actividades de la humanidad que estamos llegando al punto de una catástrofe ecológica. Un tema clave ahora, es cómo frenar el impulso insaciable e inoportuno hacia el crecimiento industrial que ha formado parte de nuestras vidas cotidianas desde que el hombre utilizó el vapor; e intentar reparar algunos de los daños ya infligidos por las ciudades y civilizaciones modernas.

Es posible que las nuevas tecnologías, incluyendo la nanotecnología, junto con cambios en el comportamiento, puedan ofrecer un camino hacia delante que nos permita a todos llevar una vida satisfactoria sin destruir completamente el planeta que nos sustenta.

## APÉNDICE 1

# Análisis de Puntos Fuertes, Puntos Débiles, Oportunidades y Peligros

### Puntos Fuertes

- En investigación y desarrollo de nanomateriales.
- En investigación biomimética (una fuente importante de nanoinnovaciones).
- En la nanoelectrónica e investigación en Tecnologías de la información, incluida la informática cuántica.
- En investigación nanotoxicológica, tanto *in-vitro* como *in-vivo*.
- En investigación nanofotovoltaica.
- En investigación y desarrollo de nanosensores.
- Una fuerte base industrial en instrumentación.
- En nanomedicina, diagnósticos (incluyendo formación de imágenes), regeneración de tejidos y de órganos y administración dirigida de medicamentos.
- En diferencias culturales que resultan en planteamientos imaginativos de investigación.
- La capacidad de trabajar en equipo.
- Acceso a los conocimientos en la matemática y la física de lo que fue el bloque oriental.
- La aceleración de la puesta en marcha de nuevas empresas.
- La predisposición europea para desarrollar y adoptar tecnologías beneficiosas para el medio ambiente.
- La predisposición europea para desarrollar tecnologías para las regiones menos desarrolladas.

### Puntos Débiles

- Temas críticos (cataclismo ecológico, la pobreza y la enfermedad) no son tratados con claridad en la Agenda de Lisboa ni en el programa marco de investigación propuesto por los EEUU.
- Falta de un cuadro del mando integral beneficioso para el planeta para la investigación a nivel regional, nacional y de la UE.
- No hay caminos claros para el traslado de tecnologías al mundo menos desarrollado.
- Infraestructura fragmentada para investigación en Europa, y falta de acceso fácil y razonable por parte de la industria a instalaciones de vanguardia bien administradas
- Superación variable en la industria según las naciones.
- Incentivos/Culturas variables para apoyar puestas en marcha
- Financiación europea lenta y muy burocrática.
- Ningún apoyo en Europa para el genio individual.
- No hay suficiente sinergia entre los proyectos regionales, nacionales y de la UE.
- La investigación académica a menudo se queda atrás con respecto a la industria.
- La financiación puede duplicarse.
- No hay suficiente equilibrio entre la investigación y la implementación de soluciones prácticas y razonables.
- Nuevas inversiones inadecuadas por la UE en investigación militar.
- Falta de incentivos fiscales para tecnologías beneficiosas para el medio ambiente; falta también de incentivos legales.
- Aparición lenta de la tecnología desde la base de investigación.
- Patrocinio innecesario y caro de investigación en empresas multinacionales y/o no autóctonas (¿Quién patrocina en el extranjero a las empresas europeas?).
- Falta de trabajadores especializados (incluyendo técnicos).

### *Oportunidades*

---

- La explotación de investigación beneficiosa para la gente y el planeta.
  - El desarrollo de tecnologías con amplias aplicaciones (sensores, energía renovable, medicina, etc.).
  - La creación de nuevas tecnologías (médicas y no médicas) para apoyar a los ancianos/ los desfavorecidos/los enfermos.
  - Reducción en pruebas con animales gracias a evaluación toxicológica basada en células.
  - Oportunidades de nicho críticas en actividades tales como labon-a-chip, tecnología de los sensores.
- 

### *Peligros*

- Fuga de cerebros en ciencias de la vida, electrónica, software e ingeniería
- Dominio global alcanzado con la aplicación de investigación de inspiración militar.
- La incapacidad de Europa para comercializar eficazmente la investigación financiada con fondos públicos.
- Demasiado poco, demasiado tarde, de las tecnologías que importan.



## APÉNDICE 2

# Asuntos Éticos en la Nanotecnología, con referencia especial a la Nanomedicina

Se dice que las nanotecnologías ofrecen una gran promesa para la medicina, pero mucho está en el futuro. En la fase principalmente exploratoria y de descubrimiento, la evaluación ética y social es necesariamente preliminar. La futura orientación también ha hecho que las nanotecnologías sean vulnerables al actual zeitgeist, término alemán que describe el clima intelectual y cultural de una era, de reclamar a la ciencia los posibles daños o bien los potenciales beneficios. Quizás el primer tema ético es el uso frecuente del futuro gramatical (será) para futuros resultados que no pueden saberse. Esto, a veces, parece expresar un “acto de fe” sobre la ciencia, que crearía problemas si generase una impresión falsa de la inevitabilidad de futuros desarrollos. Asimismo, es preciso tener cuidado con dar demasiada importancia a preocupaciones especulativas sobre nanotecnologías sacadas a colación antes de las pruebas.

La nanomedicina toca muchos temas ya familiares en la bioética, y también algunas cuestiones particulares más. Antes de tener estas en cuenta, es preciso considerar una cuestión contextual más básica.

### ¿Qué es lo que impulsa a la tecnología?

Es un concepto erróneo corriente que la tecnología es neutral. Al revés, una tecnología refleja los valores y objetivos de la sociedad de la que sale y, a su vez, puede alterar los valores y aspiraciones de dicha sociedad. En un clima algo escéptico de opinión pública, las áreas más sensibles de la tecnología podrían considerarse como un contrato social. Una tecnología sería bien recibida si los valores y objetivos del inventor estuvieran cerca de los de una sociedad más amplia, y si el invento anticipa correctamente lo que la sociedad desea, como con la aceptación del teléfono móvil.

Por otra parte, si el inventor está lejos, los objetivos no están en correlación con los valores y los objetivos de la sociedad, o, si el invento es desconocido o arriesgado, puede haber un rechazo público total, por ejemplo, el hecho de importar productos de soja y de maíz modificados genéticamente sin etiquetas al Reino Unido.

Por lo tanto, deberíamos preguntar - ¿los valores de quién expresará la nanomedicina? Para los desarrollos que son novedosos, muy técnicos y desconocidos, es importante preguntar si estos son productos de unos valores ampliamente compartidos, o solamente de una elite poderosa. Las clases de valores, ideologías y creencias que puedan influir en o impulsar la nanomedicina incluyen:

- Investigación libre, impulsada por la curiosidad.
- Crecimiento en la economía, trabajo y competitividad.
- La calidad de vida, como se define, de distintas maneras – p.ej. riqueza personal, elección del consumidor, objetivos medioambientales, justicia social, salud y pobreza global, objetivos espirituales.

- Compasión, motivada por el deseo de aliviar el sufrimiento humano.
- “Éxito médico” – buscando una solución técnica para cualquier condición, como una obligación.
- Diferentes sistemas de creencia religiosa.
- Transhumanismo, impulsando la evolución humana mediante los cambios físicos humanos.

Dos áreas críticas sobre las cuales las opiniones mundiales hacen unas suposiciones implícitas o explícitas con el concepto del ser humano y la noción del progreso.

## La nanomedicina y la naturaleza del ser humano

Existen muchos modelos conceptuales del ser humano. Según el contexto, podríamos ser una bolsa de habas, una mente consciente, un ser espiritual y corporal, un conjunto de capacidades refrenado por la forma natural, y así sucesivamente. Las nanotecnologías provocan un posible conflicto entre los puntos de vista funcionales e integrales y entre lo que se considera fijo y lo que es variable. Las presuposiciones tradicionales sostienen que hay límites morales o sociales que refrenan lo que puede ser técnicamente factible en intervenir en la condición humana. Estos límites son sacados de las percepciones de tradiciones religiosas y culturales, la filosofía y la teología, las letras y las humanidades y las ciencias sociales. Estas son retadas por la creencia transhumanista de que los humanos son destinados para ir más allá de las limitaciones actuales. Si nuestra humanidad no va a ser definida simplemente por la viabilidad tecnológica, ¿dónde ponemos los límites para restringir algunas posibilidades tecnológicas o fomentar otras? Un tema afín concierne a la relación entre la identidad y el cuerpo de uno mismo y aparatos externos. ¿Hasta qué punto deberíamos desarrollar aparatos que promueven interacciones directas cerebromáquina, o que aplican controles externos o internos del cuerpo o del cerebro?.

Algunos plantean una cuestión metafísica sobre si centrarse en mejoras funcionales, lo cual no explica lo que está mal con los seres humanos ni lo que hace que la vida valga la pena. Las nociones de mejora conllevan el peligro de la estigmatización de la discapacidad o de lo que se percibe como defectuoso. Más allá de un cierto punto básico de supervivencia y necesidad física, se dice que lo que más importa a los humanos no son las cosas funcionales sino aspectos creativos, estéticos y relacionales, y que nuestros problemas son menos las limitaciones físicas que nuestros defectos morales, relacionales o espirituales.

## La nanomedicina aplicada en contextos no médicos

¿Se debería de mantener una distinción entre intervenciones médicas y no médicas en la persona humana? Los procedimientos desarrollados en un contexto médico aceptable pueden plantear serias cuestiones éticas si se aplican no médicamente. Esta distinción es reconocida en la Convención Europea sobre Derechos Humanos y Biomedicina que se

opone a la elección del sexo en IVF (Fertilización In-Vitro) excepto para evitar graves enfermedades hereditarias relacionadas con el sexo.

Inevitablemente, hay zonas más oscuras, pero si la distinción general es válida, ello implica que las restricciones deberían ser aplicadas para asegurarse de que las nanotecnologías, concebidas y permitidas en un contexto médico estricto, no son aplicadas sin límite en contextos no médicos.

Por ejemplo, la nanotecnología puede asistir a la curación de los órganos de los sentidos o proporcionar un control íntimo desde el cerebro hasta los miembros protésicos para las víctimas de accidentes o los discapacitados. ¿Deberían usarse estas capacidades para mejorar las habilidades de los capacitados? Por ejemplo, ampliar la vista al infrarrojo para una mejor visión nocturna cuando se está conduciendo.

También, si la nanotecnología permite intervenciones específicas en mecanismos de reparación de células, ¿se debería usar esto para extender las expectativas de vida humanas?.

Un tema relacionado tiene que ver con la vigilancia y usos militares. La misma nanotecnología que permite que pequeños aparatos sean implantados en el cuerpo para monitorizar una gama de indicaciones médicas tales como los niveles de azúcar en la sangre en diabéticos, también podría conducir a aplicaciones más problemáticas como son la vigilancia aumentada de ciudadanos o aplicaciones militares. Se necesitan mecanismos para identificar tales potenciales cruces en su etapa inicial.

## **Los asuntos sociales relacionados con la nanomedicina: ¿Qué queremos decir por progreso?**

Un punto de vista común en círculos científicos y políticos es una creencia en “progreso” a través de tecnología, para mejorar la condición humana en su sentido más amplio. Se está seguro de que la habilidad e ingenuidad humana pueden superar cualquier problema. El actual modelo económico dominante enmarca las nanotecnologías en términos de su capacidad para generar riqueza. Sin embargo, otro punto de vista ampliamente sostenido, ve la intervención explícitamente equilibrada por el cuidado de nuestros prójimos y atención a los impactos de nuestras innovaciones en el medio ambiente. Se hacen intervenciones que respetan ciertos límites definidos por la condición humana y nuestro medio ambiente finito. La tecnología no es el único motor del progreso sino una herramienta que está al servicio de la humanidad, no al revés. Finalmente, hay para quienes el progreso es completamente personal y el cometido del estado no es dictaminar.

En esta etapa, la medicina es impulsada por un “empuje tecnológico” que tiene una dimensión social. Las funciones y propiedades que pueden medirse o manipularse

tienden a dirigir qué aplicaciones son fomentadas. Los prototipos producidos en el laboratorio coproducen la ética con el artefacto. Así ya puede haber una ética implícita en prácticas dentro de la comunidad de investigación. ¿Cuáles son las necesidades que se supone que cubre la nanotecnología? ¿Quién debería definir éstas como necesidades, o juzgar si los gastos de investigación son empleados mejor en otros fines? Esto es especialmente pertinente para la medicina de alta tecnología en un contexto global de necesidades sanitarias que a menudo necesitan soluciones más sencillas. ¿Cómo van a hacerse democráticamente responsables tales juicios en una etapa positiva de desarrollo? Prever tecnologías muy inciertas entraña gran dificultad y conlleva el peligro de que un compromiso público prematuro puede producir una tranquilidad pública o pánico público sobre los temas equivocados.

## Temas especiales relacionados con la nanomedicina

Finalmente, es preciso tener en cuenta ciertas características de la nanomedicina. El reduccionismo que abre poderosas posibilidades terapéuticas también puede crear el potencial para grandes males, si la precisión se aplica mal o si tiene más efecto que el deseado. Pequeñas cosas pueden engañar contando una historia incompleta. La habilidad de intervenir a un nivel de células o moléculas puede enfrentarse a la complejidad del sistema. Por ejemplo, la nanomedicina puede permitir una rápida lectura de todo nuestro genoma o de los niveles de todo lo imaginable de nuestro cuerpo, pero ¿qué significa toda esa información? ¿Qué es ahora una persona sana, cuando tenemos tantos datos insospechados sobre nuestros cuerpos? Esto plantea temas familiares sobre la información genética, pero también sobre como se maneja información tan extensiva y posiblemente angustiada. Ir al médico para una infección en el pecho para suministrar el antibiótico correcto puede suponer el descubrimiento de un posible cáncer de mama.

La noción de una construcción de fondo basada en sistemas vivos, bien imitando bien incorporando componentes de sistemas vivos puede dar motivos de preocupación sobre dispositivos híbridos que conectan lo humano y la máquina, y sobre lo que deberíamos elegir construir. El reduccionismo inherente puede estimular un planteamiento práctico que asume el derecho a jugar a este nivel reducido, sin saber cómo las piezas cambiadas encajan juntas, habiendo perdido la visión de conjunto. El efecto de las nanopartículas en los sistemas biológicos y la salud humana plantea unas importantes cuestiones éticas sobre lo que constituye riesgos aceptables y no aceptables donde están disponibles datos científicos, y el cuidado que deberíamos tener sobre riesgos inciertos que pueden tardar mucho tiempo en evaluarse.

Esta breve valoración se limita en gran parte a hacer preguntas que intentan encuadrar algo de la topografía social y ética de los terrenos inexplorados que las

nanotecnologías puedan ofrecer a la medicina. La manera en la que nosotros, como sociedades, buscamos repuestas según estas tecnologías van emergiendo, será de una importancia crucial para que los beneficios adecuados puedan ser alcanzados con justicia, reteniendo nuestra humanidad en toda su rica diversidad.