

5

CAPÍTULO 5

La Visión del FTF de la Nanotecnología

5

La Visión del FTF de la Nanotecnología

Este capítulo recoge la opinión de los miembros del FTF sobre el posible desarrollo e impacto de la nanotecnología a partir de la definición y de los precedentes presentados en los capítulos anteriores.

La información se ha obtenido de dos fuentes fundamentales:

- La realización de dos jornadas de trabajo a las que asistieron todos los miembros del Foro, consistentes en la exposición de varias presentaciones por parte de expertos mundiales, para pasar, a continuación, a una fase de opiniones en la que cada miembro ha tenido la oportunidad de dar su visión, tanto en grupos como individualmente.
- La realización de cuestionarios cuyo objetivo fue la obtención de la opinión conjunta de los miembros del Foro sobre la posible evolución y los impactos de la nanotecnología en los próximos años.

Los resultados obtenidos, apoyados en bibliografía actual consultada, se plasman en este capítulo. Las conclusiones se han organizado en los siguientes apartados: los indicadores que pueden acelerar o frenar el desarrollo de la industria, las diferencias existentes según los países o regiones involucrados, los riesgos derivados de esta nueva ciencia y la presión que la sociedad empieza a ejercer, los ámbitos en los que se centra la inversión en nanotecnología y un apunte final para acercar los avances al ciudadano.

5.1. Aceleradores y barreras de la nanotecnología

El desarrollo de la nanotecnología va a depender de una serie de factores que van a ser claves para determinar su éxito o fracaso. La presencia de aceleradores y barreras en un contexto difícilmente previsible como es la nanotecnología es el instrumento del que se valen los inversores a la hora de entrar a formar parte de la industria, ya que va a marcar su situación y velocidad de desarrollo.

Este apartado pretende aportar información útil para evitar inversiones prematuras o movimientos demasiados tardíos. Para ello, los miembros del FTF han identificado una serie de indicadores: aceleradores o factores que favorecerán el desarrollo de la nanotecnología y barreras o factores que podrán retrasarlo.

¿Qué puede acelerar el desarrollo de la nanotecnología?

El siguiente gráfico ilustra los principales aceleradores que se han identificado como factores que pueden favorecer el desarrollo de la nanotecnología. Junto a cada indicador se muestra la importancia que le dan los miembros del FTF, así como la probabilidad de que se produzca en los próximos cinco años.

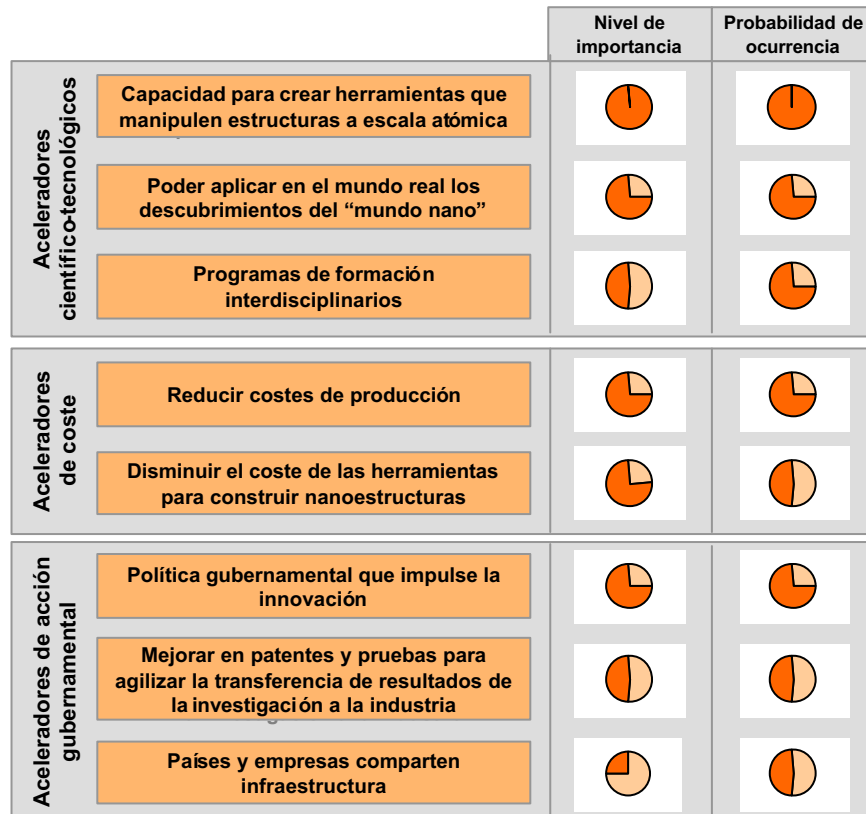


Gráfico 1: Importancia y probabilidad de los principales aceleradores de la nanotecnología
Fuente: Elaboración propia

Mis notas

Los aceleradores que se han clasificado como de carácter científico-tecnológico son los que los expertos del FTF han considerado claves para el desarrollo de la industria. La prioridad número uno debe ser el desarrollo del equipamiento necesario para acometer las investigaciones científicas. Asimismo, la búsqueda de aplicaciones prácticas es esencial para atraer a los inversores hacia la nanotecnología.

En segundo lugar, como consecuencia natural de los primeros indicadores, los aceleradores de coste buscan el abaratamiento de las herramientas esenciales para la manipulación de las nanoestructuras, así como la viabilidad de los procesos industriales para el desarrollo de los avances nanotecnológicos.

En último lugar se encuentran los aceleradores que comprenden acciones gubernamentales. En este caso, es necesario remarcar que los expertos del FTF destacan especialmente la necesidad de desarrollar políticas gubernamentales que impulsen la innovación. Actualmente, como se ha visto, existen numerosas iniciativas de los gobiernos, pero es necesario un apoyo sostenido.

En general, los resultados obtenidos sobre los aceleradores tienen una correlación clara con la opinión otorgada por los expertos del FTF sobre los agentes de la cadena de valor que se van a encargar del desarrollo de la nanotecnología. Es decir, se trata de un mercado push, en el que tanto las universidades, en su papel investigador en busca de herramientas de manipulación a nanoescala o de aplicaciones prácticas, como el gobierno, mediante financiación conjunta con empresas o con políticas que favorezcan la innovación, van a ser los que aceleren la evolución de la nanotecnología.

¿Qué puede frenar el desarrollo de la nanotecnología?

De manera similar al tratamiento de los aceleradores, se han valorado las barreras según su importancia en el freno al desarrollo y su probabilidad de materializarse a corto plazo.

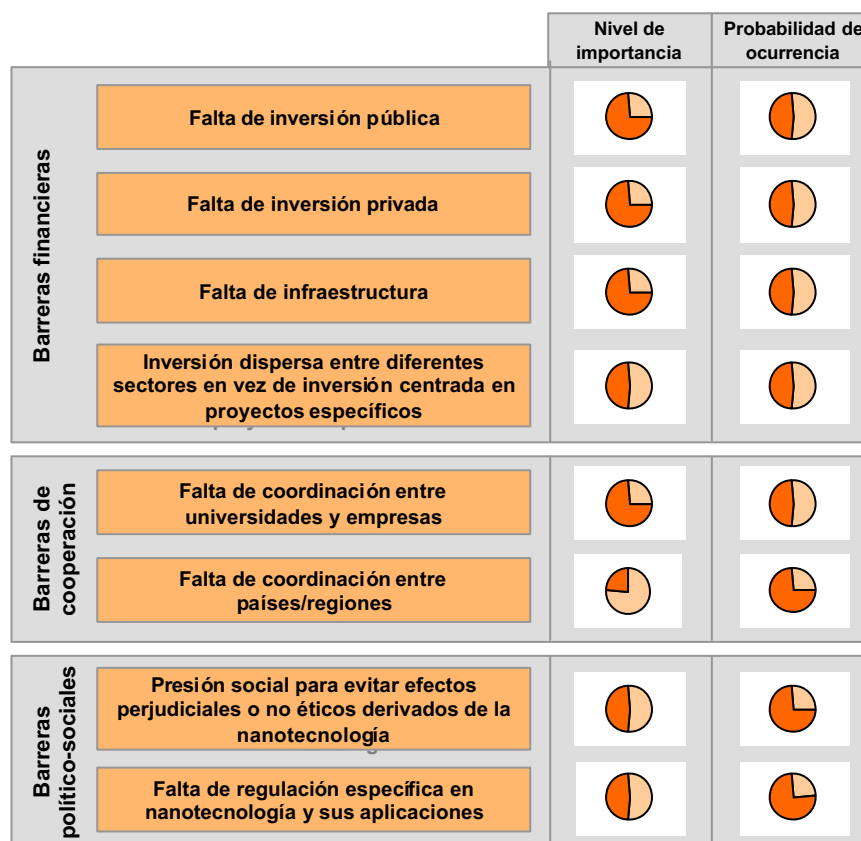


Gráfico 2: Importancia y probabilidad de las principales barreras de la nanotecnología

Fuente: Elaboración propia

Así, las principales barreras para el desarrollo de la nanotecnología pueden venir de la financiación. Los expertos del FTF opinan que la inversión tanto pública como privada es un factor clave para el desarrollo de la cadena de valor. En estas primeras etapas, es especialmente necesaria una inversión orientada a la creación de infraestructuras que faciliten el acceso a avances nanotecnológicos a un mayor número de agentes.

En segundo lugar, se puede hablar de barreras por la falta de cooperación. En este caso, los expertos destacan la necesidad de una estrecha coordinación entre los investigadores (que están principalmente en las universidades) y las empresas encargadas de desarrollar aplicaciones prácticas con los avances en nanotecnología.

Finalmente, existen también unas barreras que se pueden denominar sociopolíticas. La sociedad ejercerá con alta probabilidad una fuerte presión ante la incertidumbre de los posibles efectos perjudiciales o usos no éticos de la nanotecnología. La existencia de una regulación específica para estos casos será un tema clave, aunque no a corto plazo, sino cuando comience la comercialización masiva de productos fabricados con nanotecnología.

En términos generales, en la ilustración se puede apreciar cómo los expertos del FTF opinan que las barreras identificadas tienen una menor importancia que la mayor parte de los aceleradores. Se puede interpretar, por tanto, la existencia de un mayor peso por parte de los aceleradores, lo que permitiría vaticinar que la balanza de la nanotecnología se decantará por el lado del éxito.

5.2. Evolución de la nanotecnología por regiones

La nanotecnología tiene en la actualidad un desarrollo muy diferente, según las diferentes regiones. La presencia de mercados de capital riesgo maduros en países desarrollados hace que éstos cuenten con una mayor presencia de compañías que trabajan en nanotecnología.

La mayor o menor evolución de los países en materia de nanotecnología va a depender principalmente del gasto público y privado, así como de la cantidad y calidad de los recursos humanos implicados en este campo. Es posible que los líderes del futuro no sean los mayores inversores de hoy, ya que el aumento de profesionales cualificados puede potenciar enormemente a un país en nanotecnología.

En la ilustración 17 se observa la presencia de nanotecnología en los diferentes países según el porcentaje del total de publicaciones científicas encontradas para un período de tiempo reciente.

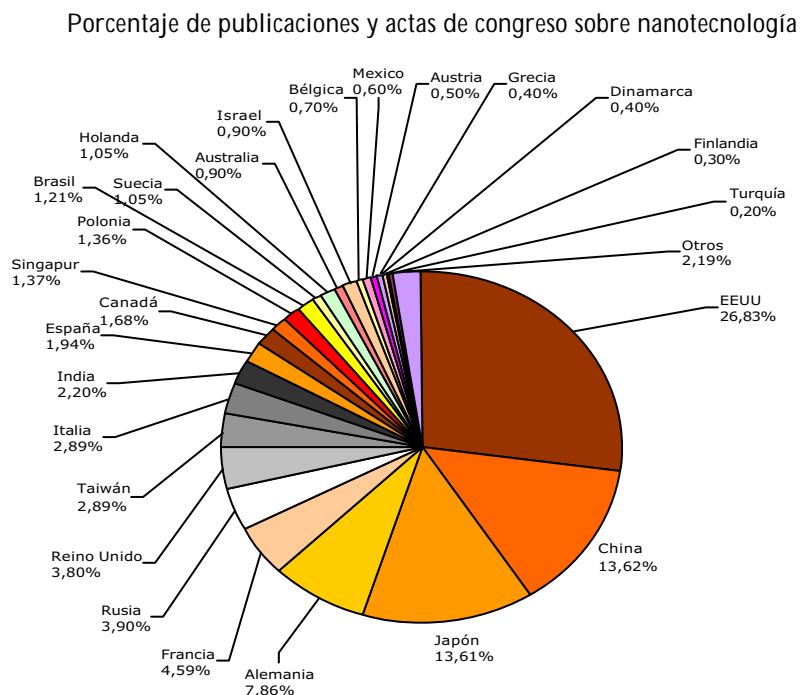


Ilustración 17: Distribución por países de las publicaciones y actas de congresos sobre nanotecnología, encontradas en INSPEC para el período 2003-2004

Fuente: Publicación "Nanotecnología en España" de la Fundación Madri+d



A la cabeza se encuentran los países con mayor tradición científica y tecnológica, como Estados Unidos, Japón y Alemania. Éstos no sólo lideran el campo de la nanotecnología, sino que también son las primeras potencias mundiales en ciencia en general. Igualmente, entre los países más productivos en nanotecnología, se encuentran potencias como China y la India, con economías, a priori, más modestas que la americana o la europea. Las grandes expectativas levantadas por la nanotecnología han impulsado a estos países a realizar un esfuerzo por no “perder el tren” de esta disciplina, con el retraso científico, tecnológico, industrial y económico que ello conllevaría.

Mención especial merece Israel, que, a pesar de no resaltar en publicaciones, ha sido incluido como una gran potencia por los importantes resultados que está cosechando en nanotecnología y por los numerosos acuerdos que le permiten situarse entre las regiones destacadas del desarrollo nanotecnológico.

La carrera por liderar la nanotecnología

Uno de los indicadores que mejor pueden ilustrar el desarrollo de la nanotecnología en un país es la cualificación de sus profesionales, que, según las regiones, puede variar enormemente. En la ilustración 18 se muestran las regiones con profesionales más cualificados actualmente y la previsión que los expertos del FTF han realizado para los próximos cinco y diez años.

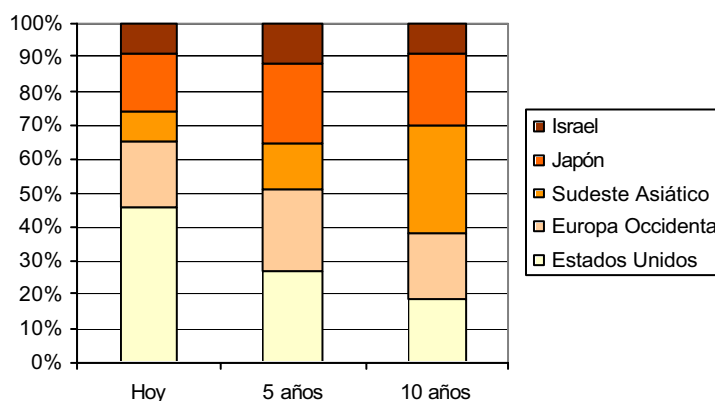


Ilustración 18: Profesionales más cualificados por regiones a corto y medio plazo.
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, Estados Unidos tiene una posición de liderazgo en la actualidad al poseer la mayor masa crítica de investigadores competentes en centros universitarios, así como por el mayor número de profesionales competentes encargados de los proyectos y empresas existentes. En segunda posición de seguidores se encuentran Europa Occidental y Japón, cuyo apoyo a materias relativas a la nanotecnología está yendo en aumento con el fin de conseguir un incremento de profesionales cualificados en nanotecnología. Por último, hoy día se encuentran a la zaga el Sudeste

Asiático e Israel. Países como China, Taiwán o Singapur cuentan con un potencial enorme para generar profesionales dedicados a la nanotecnología, aunque aún juegan en una liga inferior.

Israel, aunque es un país de poca población, puede ocupar un puesto importante dentro de un nicho de mercado. Por su parte, Estados Unidos va a continuar a corto plazo con su posición de liderazgo, aunque con un margen mucho más reducido, ya que las regiones perseguidoras (Japón y Europa) habrán aumentado sus niveles de eficiencia con profesionales cada vez más cualificados.

A medio plazo (dentro de diez años), los expertos del FTF prevén un vuelco en la posición de los países en cuanto a la calidad de la formación de las personas implicadas en la nanotecnología. El Sudeste Asiático pasará a ocupar una posición de líder, donde China generará muchos más ingenieros y científicos que Estados Unidos, gran cantidad de los cuales recibiendo formación en el extranjero. El gran reto de estos países será retener su personal cualificado. Por su parte, Japón, Estados Unidos y Europa perseguirán a estos países intentando captar profesionales experimentados mientras que Israel se mantendrá en un nicho de mercado.

En términos de competitividad por regiones, las diferencias son muy similares a las vistas anteriormente en la calidad de la formación de los recursos humanos.

En la ilustración 19 se muestra la impresión que los expertos del FTF ofrecen sobre la competitividad a corto y medio plazo de las diferentes regiones que están desarrollando nanotecnología.

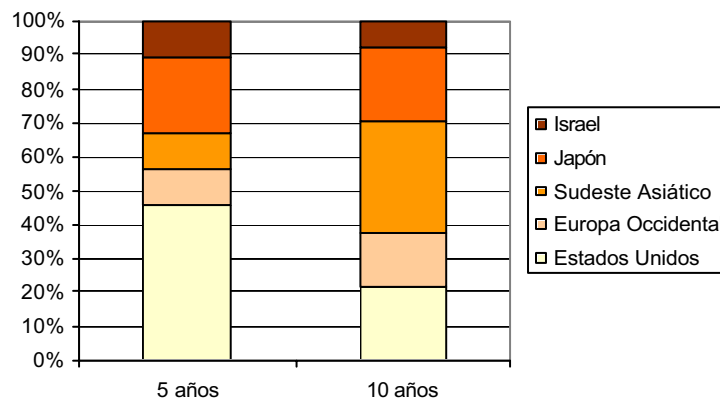


Ilustración 19: Competitividad de las regiones a corto y medio plazo. Fuente: Elaboración propia.

Estados Unidos ocupará, a corto plazo, una posición de liderazgo por la mayor implicación de su Administración Pública con cuantiosos fondos de investigación y desarrollo de la nanotecnología, y por su talento humano e innovación. Es muy consciente de que se trata del sector que protagonizará la próxima “ola tecnológica” con capacidad de revolucionar la industria y la mayor parte de las empresas del país.

Los expertos del FTF sitúan como inmediato perseguidor a Japón en lo que a competitividad se refiere. Las iniciativas japonesas financiadas por su gobierno tienden a centrarse en la manera de mejorar los materiales utilizados para fabricar aparatos convencionales y cuentan, además, con una notable ventaja tecnológica en el campo de los nanotubos de carbono de aplicación en tecnología ya existente.

Por detrás se sitúan Europa, el Sudeste Asiático e Israel, cuyas iniciativas se espera que maduren más a medio plazo.

En este sentido, al igual que en la anterior ilustración, los expertos prevén a medio plazo un cambio en el liderazgo por el fuerte impulso que se espera que desarrolle el Sudeste Asiático para entonces. El creciente número de empresas e investigadores que se dedican a la nanotecnología, junto con su especialización en áreas específicas de este campo, permite prever un panorama alentador para esta región.

Así, se han identificado diferentes impulsos para la evolución de la nanotecnología que las regiones o países intentan desarrollar con el fin de protagonizar el progreso nanotecnológico.

Los expertos del FTF han determinado en este sentido las fortalezas de cada región:

■ Estados Unidos se caracteriza por su capacidad para desarrollar todas las iniciativas de forma simultánea, si bien los expertos destacan este país por la coordinación existente tanto en diferentes disciplinas como entre universidades y empresas.

■ Con respecto a Europa, los expertos opinan que, a pesar de que se están realizando acciones crecientes para el desarrollo de la nanotecnología tanto en política gubernamental como en los diferentes sectores, al Viejo Continente le queda todavía un gran camino por recorrer en todos los aspectos para situarse en una posición de liderazgo o cercana, al menos, a su más directo competidor, que es Estados Unidos.

■ En cuanto al Sudeste Asiático, su especialización en productos acabados, especialmente en el sector de la electrónica, y el desarrollo de infraestructuras son sus principales ventajas competitivas frente a otras regiones.

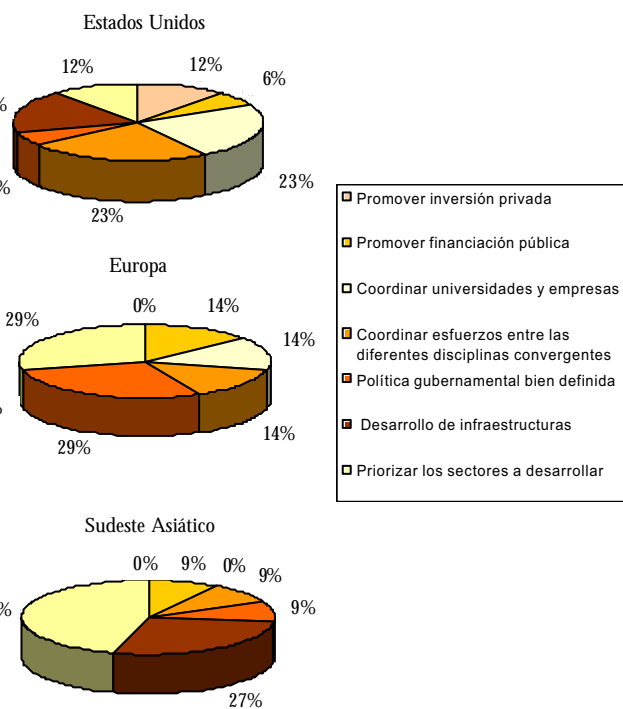


Ilustración 20: Principales fuerzas de EEUU, Europa y el Sudeste asiático
Fuente: Elaboración propia

Mis notas

Nanotecnología, la gran esperanza para países en vías de desarrollo

Los países en vías de desarrollo tienen ciertas limitaciones para realizar proyectos de investigación en nanotecnología, lo que les llevará a importar nanoproductos y procesos de los países desarrollados. Ante esta situación, la nanotecnología puede, por una parte, empeorar la situación de estos países, ya que probablemente reducirá la demanda de sus exportaciones, principalmente en materias primas; sin embargo, por otra parte, puede ser la pieza clave para la solución de muchos de los problemas que los acosan.

Hoy día son pocos los proyectos de nanotecnología que van dirigidos a solucionar temas de pobreza. Sin embargo, la nanotecnología puede ofrecer importantes beneficios a los países en vías de desarrollo. El Centro Internacional de Ciencia y Alta Tecnología de Naciones Unidas trató este tema en una reunión celebrada en febrero de 2005 sobre el “Diálogo Norte-Sur sobre Nanotecnología”⁶², en la que se partía de tres premisas básicas: “a) es erróneo asumir que la nanotecnología es demasiado difícil o demasiado cara para ser abordada por países en vías de desarrollo; b) la nanotecnología puede ofrecer importantes beneficios a países en desarrollo y tratar de ayudar en áreas como la salud, el medio ambiente o la economía; c) si no se abordan estos problemas, la distancia entre países desarrollados y países en desarrollo se incrementará”.

El programa canadiense sobre salud global y genómica (CPGGH)⁶³ también avanza en esta línea. Este programa determinó diez áreas de aplicación nanotecnológica con impacto en países en vías de desarrollo hasta el umbral de 2015 relativas al agua, la agricultura, la nutrición, la salud, la energía y el medio ambiente.

En la ilustración 21, los expertos del FTF opinan sobre el diferente impacto de esas áreas según el tipo de países. Como se puede observar, el sector de la agricultura, el tratamiento de aguas o el almacenamiento y procesamiento de los alimentos son áreas que pueden marcar la diferencia en países en vías de desarrollo. Por su parte, las aplicaciones relacionadas con la nanobiomedicina (administración de medicamentos, diagnóstico de enfermedades o seguimiento personalizado del paciente) tendrán su mayor impacto en los países desarrollados que tienen la infraestructura previa necesaria para que estos avances puedan implantarse.

62 Página web: “North-South Dialogue on Nanotechnology: Challenges and Opportunities”, International Centre for Science and High Technology (www.ics.trieste.it).

63 Página web: http://www.utoronto.ca/jcb/home/documents/PLoS_nanotech.pdf.

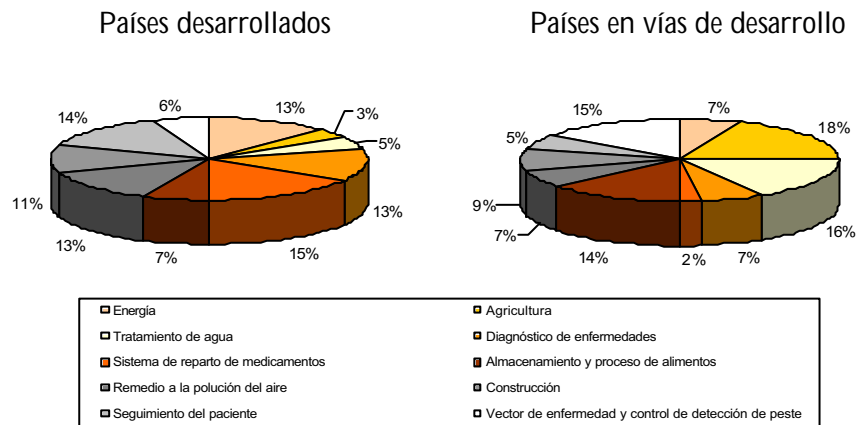


Ilustración 21: Áreas de aplicación con mayor impacto en países desarrollados y en vías de desarrollo. Fuente: Elaboración propia

En todo caso, energía limpia y abundante, diagnósticos médicos más eficientes o nuevos métodos de filtración de agua son algunas de las aportaciones que la nanotecnología tendrá sobre los países en vías de desarrollo. Algún día, en una remota población de uno de los países en vías de desarrollo, un médico pondrá una gota de sangre de algún paciente en un trozo de plástico del tamaño de una moneda y, en unos minutos, se emitirá un diagnóstico completo para el análisis de enfermedades infecciosas como la malaria, el sida e, incluso, el cáncer.

Varios de los países en vías de desarrollo han lanzado ya sus propias iniciativas en nanotecnología. China es el tercero del mundo, únicamente por detrás de Estados Unidos y Japón, en número de patentes adquiridas en nanotecnología. La India va a aumentar su inversión en nanotecnología considerablemente para los próximos años, mientras que Brasil es otro de los países en vías de desarrollo que proyectan gran cantidad de inversión en nanotecnología a corto plazo.

Una visión más pesimista opina que la nanotecnología se enfrentará a las mismas dificultades a las que se enfrentaron otras tecnologías anteriores. Las compañías multinacionales están patentando la mayoría de los productos nanotecnológicos. Las patentes son garantías monopolísticas que reportan ganancias durante veinte años, circunstancia que va en contra de la rápida difusión de los beneficios potenciales de la nanotecnología en países en vías de desarrollo.

5.3. Riesgos derivados de la nanotecnología y presión social

A estas alturas, el lector ya se ha hecho una idea del amplio rango de aplicaciones que tiene, o tendrá en un breve lapso de tiempo, la nanotecnología. En este capítulo se analiza cómo pueden incidir la legislación y la opinión pública en su desarrollo y cuál es el alcance de la nanotecnología en distintos ámbitos: economía, sociedad o medio ambiente, entre otros

Ámbitos en los que la nanotecnología presenta riesgos

Las partes implicadas en los distintos procesos nanotecnológicos están interesadas en mantener los riesgos bajo control. Debido a que el potencial de la nanotecnología es inmenso, es necesario velar por que nada trunque su camino. Los riesgos atañen a ámbitos como la ética, los servicios sanitarios o la competencia. Esto quiere decir que es necesario vigilar las aplicaciones y la evolución de la nanotecnología en los ámbitos más afectados.

Las siguientes áreas ilustran cómo podría afectar la nanotecnología a distintos ámbitos:

- **Libertades personales:** la comercialización de superordenadores muy pequeños y baratos permitiría la vigilancia permanente de cuantos países, ciudades, edificios, hogares, etc. se quiera. El peligro adicional es la posibilidad de que una empresa privada monopolice el mercado.
- **Sociología:** la nanotecnología facilitará el nacimiento de nuevos estilos de vida que cambien el empleo del tiempo de ocio y que afecten especialmente a las drogas o a la modificación del cuerpo. El desequilibrio social potencial es asombroso. ¿Con qué principios éticos se deben marcar los límites?
- **Armamento:** el proceso de fabricación de nanoarmas es mucho más discreto que el de la energía nuclear. Además, estas armas pueden llegar a ser mucho más mortíferas. Por ejemplo, la cantidad de cien nanogramos de la toxina del botulismo es letal para una persona. En una maleta se pueden almacenar 50 billones de artefactos con la toxina del botulismo que harían desaparecer el planeta. Citando al militar americano Jeremiah⁶⁴, “las aplicaciones militares de la fabricación molecular tienen incluso más potencial que las armas nucleares para cambiar de forma radical el equilibrio de poder”⁶⁵.
- **Economía:** siempre es complicado hacer predicciones macroeconómicas sobre una nueva tecnología. En el caso de la nanotecnología, se vaticinan grandes cambios en la estructura industrial que afectarán a todo tipo de empresas. La evolución del desempleo es una gran incógnita y puede ser un riesgo para el desarrollo económico de los diferentes países.

64. El Admiral David E. Jeremiah fue vicepresidente del mando militar de Estados Unidos.

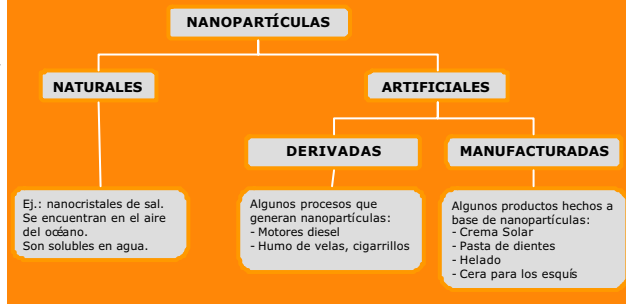
65. Página web: http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia_responsable/riesgos_nanotecnologia_armas.htm.



Merecen especial atención los campos de la medicina y el medio ambiente, donde el riesgo es más inminente. Para poder entenderlos es necesario una explicación previa sobre el origen del riesgo: las nanopartículas.

A corto plazo, el principal riesgo proviene de las nanopartículas, ya que cualquier tipo de nanopartícula puede ser nocivo. Según informa la Unión Europea, “el peligro depende de la naturaleza de la nanopartícula, de su tamaño y de su superficie activa, del individuo que la absorbe y del órgano estudiado. Además, es a menudo diferente según sea la exposición única o periódica”⁶⁶.

Las nanopartículas se pueden dividir en: naturales o artificiales. Este último grupo se divide a su vez en manufacturadas, aquellas que son objeto de producción, y aquellas derivadas de procesos industriales, de la contaminación en la carretera.



En este sentido, se corrobora una vez más la necesidad de llevar a cabo estudios sobre cada una de las partículas que se utiliza, investiga o produce, para determinar sus efectos positivos o negativos.

A continuación se muestran dos ámbitos que se encuentran bajo un riesgo potencial e inminente:

- **Toxicología/medicina:** la preocupación más inmediata para la medicina es la toxicidad de las nanopartículas. Las nanopartículas libres pueden introducirse en el cuerpo humano por inhalación, ingestión o vía cutánea. La investigación médica debe extremar actualmente las pruebas clínicas en la primera fase de desarrollo de medicamentos y aplicaciones para asegurar la salud y la seguridad de los trabajadores, y en un futuro la de todos los ciudadanos. Hasta la fecha no existen pruebas de que las nanopartículas supongan un riesgo para las personas, pero no se dispone aún de toda la información necesaria⁶⁷.

Por este motivo, los laboratorios y centros de investigación se centran actualmente en la investigación sobre enfermedades pulmonares y cardiovasculares provocadas por inhalación de nanopartículas, acumulación de nanopartículas no biodegradables en el hígado y absorción de nanopartículas hacia el cerebro.

- **Ecotoxicología/medio ambiente:** el riesgo más inmediato que se puede materializar en este campo es la contaminación del medio ambiente debido a las nanopartículas que se generan, por ejemplo, en los procesos de combustión. ¿Seremos capaces de crear a través de la nanotecnología una herramienta que solucione este problema?

66. Véase http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/47/01/print_article_3570_es.html.

67. Más información en www.nanoforum.org.

Medidas preventivas frente a los riesgos de la nanotecnología

La nanotecnología deberá atender en su desarrollo a diversos riesgos infundados y reales desde el punto de vista legal y ético.

Legislación

Una regulación adecuada en el campo de la nanotecnología es una herramienta eficaz para prevenir riesgos reales y percibidos, así como para garantizar la salud y la protección del medio ambiente, especialmente.

En este sentido, la legislación debe adaptarse para poder atender las necesidades de la nanotecnología. Debido a que los volúmenes o masas de producción están regulados hasta un umbral determinado, por debajo del cual la materia está libre de regulación, será necesario elaborar normas específicas para los productos y aplicaciones nanotecnológicas. Para ello, es necesario construir primero los instrumentos de medición necesarios, desde la disciplina de la metrología.

De momento, sólo aquellas personas cuyo trabajo está relacionado con la nanotecnología pueden verse expuestas a la toxicidad de las nanopartículas.

En suma, desde la Unión Europea se aboga por el principio de prudencia; es decir, por conocer la realidad de la nanotecnología, en contra de las llamadas a favor de una moratoria en la investigación.

Ética

Los valores éticos que impedirán el desarrollo de aplicaciones negativas nanotecnológicas son el respeto de la dignidad, el principio de la autonomía del individuo, el principio de justicia y de beneficencia, el principio de libertad de investigación y el principio de proporcionalidad⁶⁸. En este campo, al contrario que en el de la legislación, sí es positivo valerse de los documentos ya existentes, como, por ejemplo, la Carta de los derechos fundamentales de la Unión Europea⁶⁹.

Presión social

El debate político sobre nanotecnología no ha llegado todavía al gran público. Sin embargo, partidos políticos, ONG, medios de comunicación y otras partes interesadas han iniciado ya el proceso. Es sólo cuestión de tiempo que el gran público entre en juego.

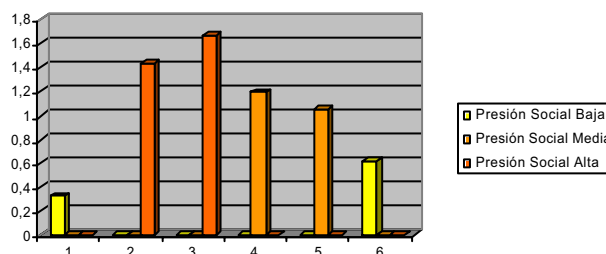
En el interin, la Comisión Europea, el Parlamento Europeo y los órganos de gobierno nacionales son conscientes de que deben aprovechar este breve lapso de tiempo. De hecho, algo se ha aprendido tras la oposición y el rechazo públicos a los alimentos genéticamente modificados.

68. Para más información, léase la Comunicación de la Comisión: Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías, mayo de 2004, Bruselas.

69. Véase http://www.europarl.eu.int/charter/default_es.htm.

La presión social según el FTF

De acuerdo con los expertos del FTF, la presión social se centrará especialmente en temas de seguridad y de medio ambiente. Por este motivo, los riesgos que se perciben como más polémicos son la emisión de nanopartículas no controlables que supongan un riesgo para el medio ambiente y el uso de nanosensores invisibles que violen la privacidad del individuo, seguidos de cerca por la fiabilidad a largo plazo, así como la detección, eliminación y prevención de defectos potenciales de los nanocomponentes.



1. Derechos de propiedad intelectual en riesgo.
2. Nano-sensores invisibles que violan la privacidad del individuo.
3. Emisión de nanopartículas no controlables que suponen un riesgo para el ambiente.
4. La fiabilidad a largo plazo, detección, eliminación y prevención de defectos potenciales de los nano-componentes puede que sean un riesgo.
5. La seguridad de los trabajadores y consumidores puede que esté en riesgo por la existencia de nanopartículas no detectables.
6. Riesgos políticos dado el impacto de NT en el desarrollo económico de las diferentes regiones.

Ilustración 22: Focos de presión social. Fuente: Elaboración propia.

Aún está pendiente el gran salto

Por mucho que la Unión Europea haya comenzado el debate y ya se hayan identificado los riesgos que potencialmente más controversia pueden atraer, la presión social, al igual que la revolución nanotecnológica, está por llegar, aunque lo hará de forma inminente.

Grupos religiosos, ONG, sindicatos y prensa deben hacer presión para que el interés público por el debate nanotecnológico crezca. Hoy por hoy existen dos grupos de presión activos en el campo de la nanotecnología:

- ETC group⁷⁰, citado en la prensa habitualmente, publica informes sobre nanotecnología con el objetivo de concienciar a la sociedad de los problemas que esta nueva dimensión tecnológica puede conllevar.
- Greenpeace Environmental Trust⁷¹, cuyos objetivos son promover la inversión para que se investigue en el ámbito de la salud y comprometer a la industria para que sus prácticas no sean nocivas para el medio ambiente.

70. Véase <http://www.etcgroup.org>.
71. Véase <http://www.greenpeace.org.uk/contentlookup.cfm?SitekeyParam=C-B>.

Es posible que, sin la información adecuada, la presión social se centre en riesgos infundados o fantasmas. “Un riesgo fantasma se refiere a un fenómeno que la población percibe como una amenaza, aunque no se haya demostrado científicamente una

conexión causal”⁷². Esto debe evitarse desde las autoridades y organismos públicos con la difusión de información.

Cómo integrar la dimensión social de la nanotecnología

Asimismo, gobiernos y promotores de la nanotecnología deben aprovechar el desconocimiento reinante para lanzar una visión positiva de la nanotecnología y hacer que el debate empiece con conocimiento de causa.

El objetivo final es mostrar al público general la seguridad que aporta la nanotecnología, para así construir confianza. Si el gran público llegara a percibir la nanotecnología como algo negativo, su desarrollo podría verse frenado. ¿Cómo se puede ofrecer información verídica?

- Fomentando el diálogo. En numerosas ocasiones se ha acusado a la comunidad científica de estar aislada, sin conexión con el mundo externo. Por este motivo, es imprescindible fomentar el diálogo fluido entre las partes interesadas.
- Ofreciendo transparencia en lo que respecta a los resultados de la investigación. Debido a que pasarán años hasta que se puedan evaluar los riesgos y peligros de la exposición a las nanopartículas, el único reflejo disponible hasta entonces es el conocimiento.

Ahondando en esta línea para un desarrollo responsable, la Dirección General de Sanidad y Protección de los Consumidores de la Comisión Europea⁷³ reunió en 2004 a un grupo de expertos en un taller llamado Mapping Out Nano Risks (“Planificando los nanorriesgos”). En el informe se recomienda una serie de acciones, entre las que se encuentran las siguientes:

- Crear una nomenclatura que, por un lado, clasifique los nanomateriales en proceso de investigación y, por otro, regule las nanopartículas manufacturadas mediante un número único de acceso asignado por el Servicio de Abstractos Químicos⁷⁴. La asignación de este número a cada nanopartícula conllevaría la realización de tests de toxicología, una medida más de seguridad.
- Desarrollar instrumentos de metrología.
- Fundar una institución supranacional que monitorice el desarrollo de las nanotecnologías y evalúe la conveniencia de una regulación más específica en el futuro.
- Establecer un diálogo fluido con el público y la industria para garantizar que ambos toman parte en el proceso de decisión.

72. En Nanotechnology: Small matter, many unknowns, pág. 40, publicado por Swiss Re., 2004.

73. Véase http://europa.eu.int/comm/dgs/health_consumer/index_en.htm.

74. Véase <http://www.cas.org>.

5.4. Algunas pinceladas sobre inversión en nanotecnología

El fuerte impacto previsto de la nanotecnología sobre la economía implicará necesidades de financiación para su evolución con éxito. Para desarrollar nuevos productos y procesos, además de para penetrar en nuevos mercados, serán necesarias grandes inversiones, especialmente en una fase de inicio como en la que se halla actualmente. En este sentido, la inversión pública de los gobiernos y la inversión privada de capital riesgo por parte de las empresas van a resultar claves.

¿En qué estado se encuentra la inversión?

La inversión en nanotecnología se encuentra actualmente en fase de crecimiento. Su incesante incremento denota un aumento significativo del interés por el potencial de la nanotecnología tanto por parte de los gobiernos como por parte del entorno empresarial, si bien todavía la financiación pública a través de los gobiernos es la que está impulsando su desarrollo, como se pudo observar en el apartado de la cadena de valor. En la fase de investigación actual, el sector público financia acciones que impulsen la evolución de la nanotecnología para permitir la entrada del sector privado. La tendencia actual prevé un cambio en la inversión, con el sector privado como principal impulsor de la financiación de cualquier actividad relativa en este campo.

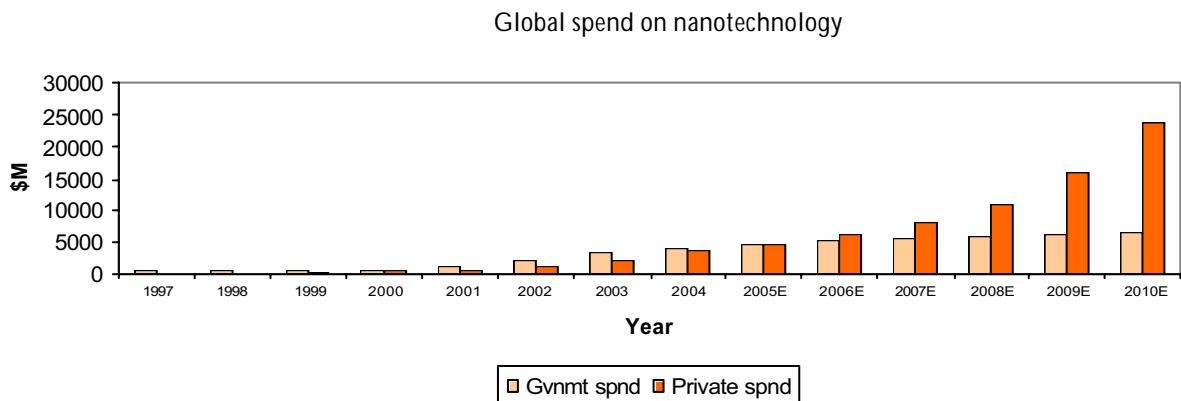


Ilustración 23: Comparativa de gasto público y privado en nanotecnología. 1997-2010. Fuente: Científica

En este sentido, se estima que a partir de 2006 comenzará el cambio hacia una mayor implicación del sector privado sobre el público, que se desmarcará aún más con el tiempo.

Para situar el contexto, a continuación se aportan datos que ilustran sobre la inversión pública y privada realizada en 2004 por regiones. De acuerdo con datos de Científica⁷⁵, sobre las inversiones en 2004, el sector público aportó alrededor de 4.100 millones de dólares. Estos 4.100 millones de fondos públicos destinados a la nanotecnología se reparten por regiones en el mundo de la siguiente forma:

75. En su publicación Where has my money gone?, enero de 2006.

- Estados Unidos: 1.149 millones de dólares.
- Japón: 960 millones de dólares.
- Europa: 1.380 millones de dólares.
- Resto del mundo: 644 millones de dólares.

Por su parte, según un informe publicado por Lux Research⁷⁶, el sector privado invirtió aproximadamente 3.800 millones de dólares en I+D de nanotecnología durante 2004. Dicho gasto se reparte por regiones de la siguiente forma:

- Empresas norteamericanas: 1.700 millones de dólares.
- Empresas asiáticas: 1.400 millones de dólares.
- Empresas europeas: 650 millones de dólares.
- Empresas de otras regiones: 40 millones de dólares.

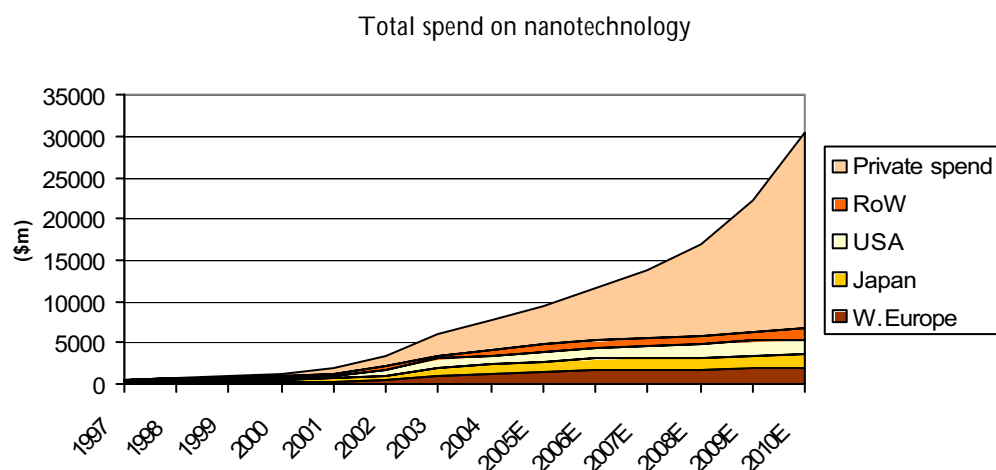


Ilustración 24: Gasto total en nanotecnología (1997-2010). Fuente: Científica

Se puede observar que, en financiación pública, Europa invierte más que el resto, pero en lo referente al sector privado son las compañías norteamericanas las que toman el liderazgo. Mención especial merece la gran diferencia existente entre la inversión del sector privado y público en Europa, circunstancia que no ocurre en sus principales competidores y que puede ser causa de un menor desarrollo nanotecnológico.

76. Según su informe "The Nanotech Report 2004"

El sector privado se prepara para tomar las riendas de la nanotecnología

Como se puede apreciar, el sector privado se encuentra aún por detrás del público en lo referente a inversión, aunque se espera que durante este año 2006 la situación comience a invertirse. Las expectativas creadas en torno a la nanotecnología atraerán una inversión cada vez mayor de las empresas, mientras que la inversión de los gobiernos se mantendrá constante en el tiempo.

Private spend on nanotechnology

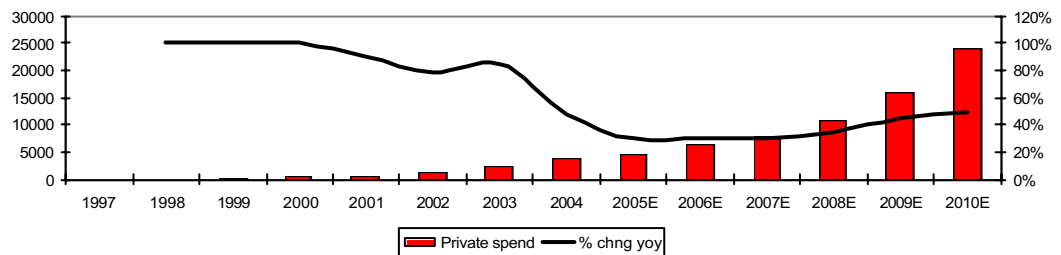


Ilustración 25: Evolución del gasto privado en nanotecnología (1997-2010). Fuente: Científica

La inversión privada desde 1997 ha crecido de manera espectacular, duplicándose incluso los primeros años. En la actualidad se están empezando a producir incrementos porcentuales de inversión mayores cada año, una tendencia alcista que se espera que continúe en el futuro con una presencia cada vez más clara de la inversión privada.

Por regiones, como se ha podido ver anteriormente, la inversión privada tiene como gran protagonista a Estados Unidos, país que, por tradición, muestra menor aversión al riesgo. Por lo general, las empresas estadounidenses se muestran más dispuestas a entrar a formar parte de una industria incipiente rodeada de incertidumbre. En Asia se está produciendo un aumento significativo en la creación de empresas especializadas en nanotecnología, sobre todo en China, lo que permite a este continente situarse como uno de los líderes en inversión privada. Europa, en cambio, está lejos de contar con un tejido empresarial consistente en el que la nanotecnología encuentre soporte.

En la ilustración 26 se muestra la inversión privada en diferentes países en el año 2005.

Mis notas

Private Nanotech Spend by Country 2005

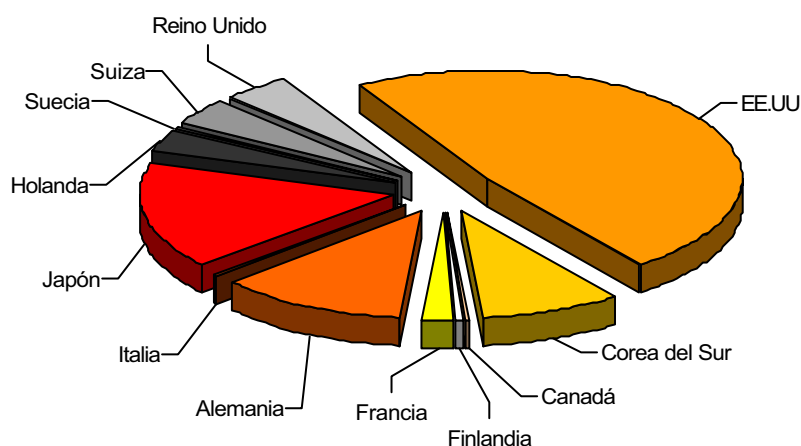


Ilustración 26: Inversión privada en nanotecnología por países en el 2005. Fuente: Científica.

En el éxito de las inversiones privadas, dos factores serán de crítica importancia: la selección del objetivo adecuado en el momento oportuno. La cuestión no es si la nanotecnología llegará al mercado, sino cuánto tiempo tardará en producirse el mayor impacto con productos reales y, por tanto, en provocar los consiguientes movimientos y beneficios. El tiempo en este aspecto depende del producto y de la multidisciplinariedad de la nanotecnología.

Seleccionar adecuadamente el objetivo en el que se va a realizar la inversión será imprescindible para minimizar los riesgos asociados a la etapa de inicio en la que se encuentra la nanotecnología. Esto debería implicar análisis minuciosos no sólo del mercado y de aspectos legales y financieros, sino también de factores técnicos y ambientales. En la mayoría de los casos será clave el conocimiento científico combinado con habilidades empresariales en la comercialización.

Inversiones de capital riesgo

Las compañías de capital riesgo tendrán un papel clave en la transferencia de conocimiento desde los centros de investigación a la industria y los mercados. Las inversiones de capital riesgo para financiar los inicios de la nanotecnología hasta la fecha han brillado más por su ausencia que por su presencia. Sin embargo, la inversión experimenta un crecimiento constante. Según Lux Research⁷⁷, los inversores institucionales de capital riesgo han destinado, en 2005, 480 millones de dólares a financiar el arranque de la nanotecnología (la inversión total realizada desde 1995 alcanza así los 2.000 millones de dólares).

77. Informe titulado Making Sense of Nanotech Venture Capital.

Venture Capital Investment In Nanotechnologies 2005 (Cumulative)

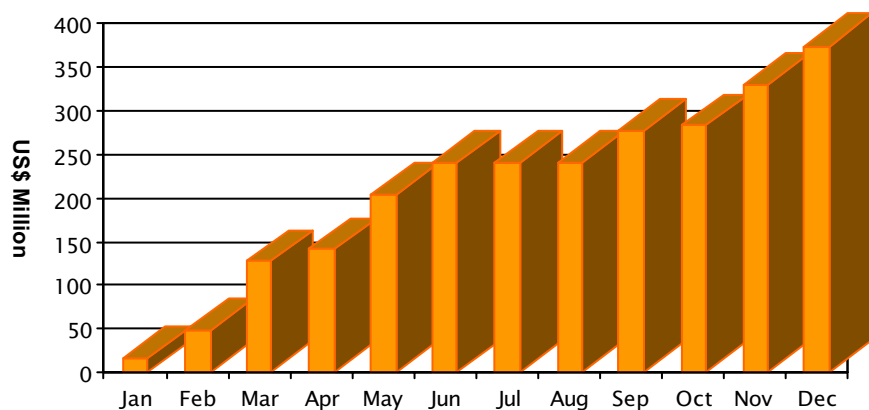


Ilustración 27: Inversión de capital de riesgo en nanotecnología en 2005. Fuente: Científica.

Durante el año 2004, un total de 1.500 empresas anunciaron su intención de implementar estrategias vinculadas a la nanotecnología. A pesar de estos datos, la inversión de capital riesgo sigue siendo una parte minúscula de la inversión total en nanotecnología, superada ampliamente por el gasto empresarial en I+D y la financiación del gobierno. Los inversores son todavía reacios a entrar masivamente en la nanotecnología por la incertidumbre que rodea a esta fase de inicio en la que se halla. La búsqueda del momento idóneo en la evolución de la nanotecnología será el principal punto de atención para nuevos inversores. En definitiva, ésta es aún una etapa muy temprana como para proclamar el éxito de la inversión de riesgo en nanotecnología: sólo el 9% de los proyectos iniciales de nanotecnología respaldados por capital riesgo ha tenido éxito hasta la fecha, el 83% continúa operando y el 8% ha fracasado o está en serio peligro⁷⁸.

Sin embargo, los datos no son homogéneos en todos los países. Los inversores de capital riesgo de Estados Unidos invierten seis veces más que los europeos en este campo, a pesar de operar en un mercado de tamaño similar y con cantidades muy próximas de financiación pública.

78. Información obtenida de Lux Research en su publicación *Venture Capital pours into Nanotech, but exits are uncertain*, enero de 2006.

2005 Nanotech VC Activity By Region

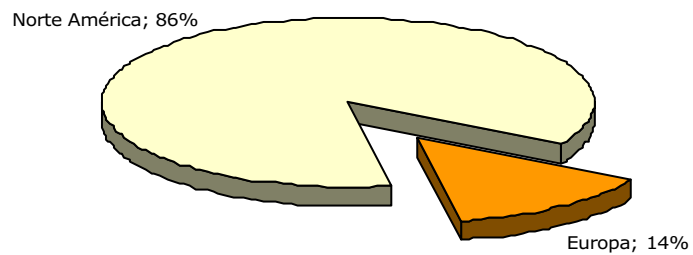


Ilustración 28: Actividad de capital de riesgo en nanotecnología por regiones en el 2005.
Fuente: Científica.

Como vemos en la ilustración 28 los inversores europeos presentan mayor aversión al riesgo que sus colegas norteamericanos, ya que muestran mayor rechazo ante los riesgos asociados con nanotecnología (el mercado, la resistencia del consumidor y la falta de conocimiento del inversor).

Paralelamente, para el inversor es cada vez más evidente que los futuros beneficios no vendrán de compañías dedicadas a la producción de nanomateriales, como, por ejemplo, nanotubos de carbono, sino de compañías que los apliquen en la creación de nuevos productos en medicina, energía, alimentación y sector textil. En 2005 se apreció una tendencia según la cual las empresas de nanomateriales empujan sobre compañías demandantes, como las del sector sanitario.

2005 Global Venture Capital Investment in Nanotechnologies by Sector

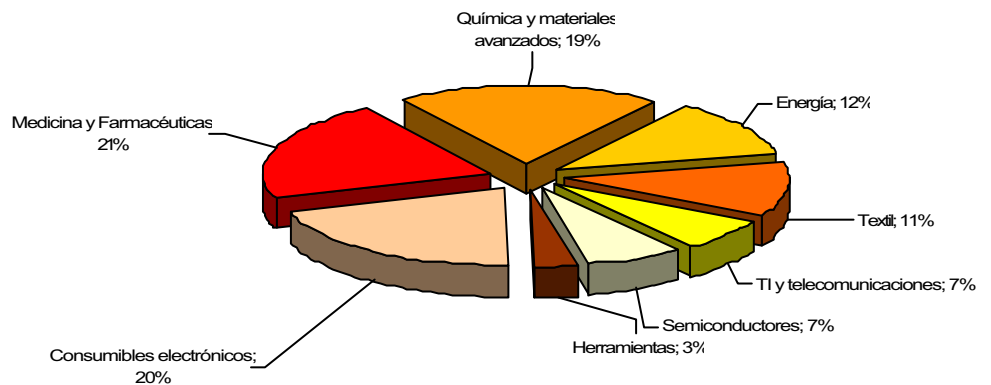
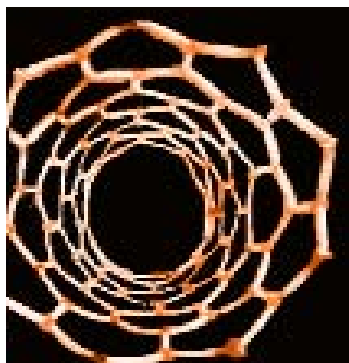


Ilustración 29: Inversión de capital de riesgo en nanotecnología por sector en 2005.
Fuente: Científica.



La mayor cantidad de inversiones de capital riesgo se está dirigiendo, como muestra la ilustración 29, hacia el sector médico y farmacéutico, así como hacia los de electrónica, química y materiales.

Escenario futuro para las inversiones privadas

Debido al carácter multidisciplinar de la nanotecnología, el sector privado se enfrenta a la duda de dónde debe realizar su inversión en este campo. A continuación se muestran los escenarios posibles que los expertos del FTF han determinado para los diferentes sectores a corto y medio plazo, según el impacto de la nanotecnología.

En los próximos cinco años parece que el sector que llevará el liderazgo es el de materiales, gracias a la aplicación que éstos van a tener en la mayoría de los otros sectores. Destacan también la electrónica y las telecomunicaciones, la energía, los productos farmacéuticos y lo relacionado con el resto de las materias primas.

Impacto en los próximos 5 años

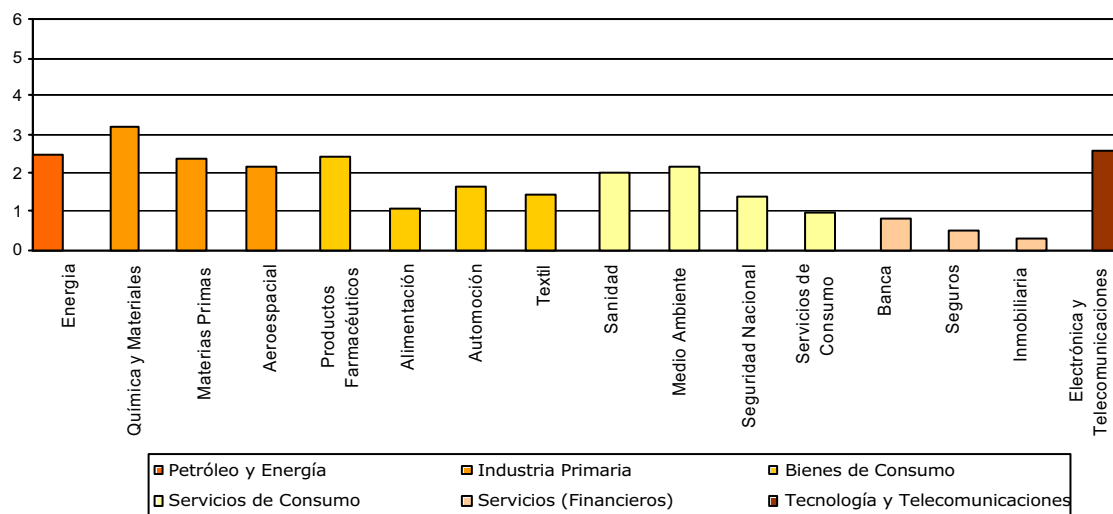


Ilustración 30: Impacto de la nanotecnología sobre los sectores para los próximos 5 años.

Fuente: Elaboración propia.

A medio plazo, los inversores deberán estar atentos a posibles variaciones en el impacto sobre sectores en los que se hayan conseguido nuevos avances en las investigaciones. Los expertos opinan que tanto la electrónica como el sector farmacéutico continuarán en la cresta de la ola en lo que a aplicaciones prácticas descubiertas se refiere, mientras que la industria de las materias primas se irá estabilizando. Sin embargo, donde se prevé un cambio más significativo es en los sectores de medio ambiente y de salud, en los que se prevé que la nanotecnología alcance una mayor importancia en un plazo de cinco a diez años. De esto se deduce que la industria de servicios de consumo y, principalmente, todo lo referente a la sanidad serán los aspectos donde la nanotecnología tendrá mayor impacto a medio plazo.

Impacto en los próximos 5 - 10 años

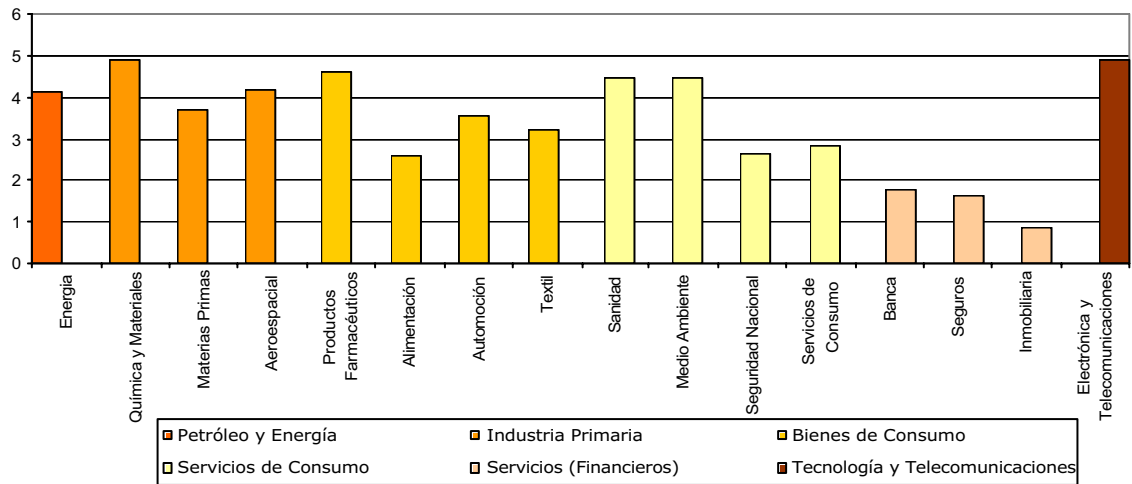


Ilustración 31: Impacto de la nanotecnología sobre los sectores para dentro de 5 a 10 años.

Fuente: Elaboración propia

Por último, es interesante conocer la opinión de los expertos del FTF sobre las posibilidades que los emprendedores van a tener en la nanotecnología. En este sentido, se puede concluir que el panorama previsto tendrá como protagonistas a las empresas de capital riesgo y a los emprendedores capaces de encontrar la inversión adecuada en el momento propicio. No sólo las grandes empresas con una gran capacidad de financiación serán las que tengan éxito en esta nueva industria, sino que pequeñas y medianas empresas con proyectos de negocio convincentes podrán atraer el capital necesario para alcanzar el éxito en un mercado que se prevé muy competitivo.

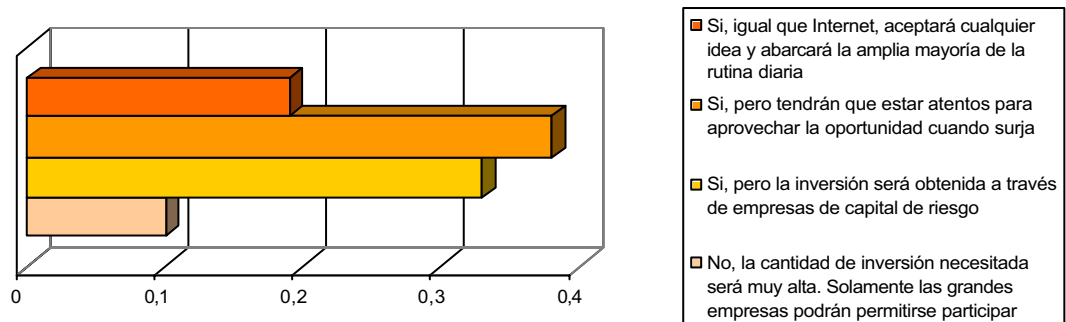


Ilustración 32: ¿Habrá hueco en la nanotecnología para emprendedores?

Fuente: Elaboración propia.

La creación y el desarrollo de start-ups van a ser prioritarios, lo cual va a depender principalmente de los siguientes factores⁷⁹: mano de obra altamente cualificada, cooperación con universidades, financiación privada (capital riesgo), acceso a la financiación pública y protección del conocimiento a bajo coste.

5.5. La nanotecnología en nuestras vidas

Como se ha mostrado en los capítulos anteriores, la nanotecnología ha entrado ya en nuestras vidas sin que nos hayamos dado cuenta e irá teniendo cada vez más presencia. Tendrá un impacto enorme en casi todos los sectores económicos, no sólo en las grandes compañías e industrias, sino también en las actividades de la vida diaria. Desde nuevos tipos de televisión hasta lavavajillas más ecológicos, la innovación a escala nano puede revolucionar nuestros estilos de vida.

Los límites de las nuevas investigaciones son infinitos y cualquier nuevo descubrimiento puede ser fundamental. Al ser una ciencia multidisciplinar, puede tener efectos en casi cualquier campo. Nuevos insecticidas para mejorar las cosechas, sistemas para indicar cuándo la leche u otros alimentos están caducados, ordenadores muchísimo más veloces o nuevos diagnósticos y tratamientos más eficaces son algunos ejemplos de lo que depara el futuro.

Los expertos del FTF han valorado los diferentes campos del quehacer cotidiano que pueden verse afectados en el plazo de cinco a diez años. Los resultados, tal como recoge la ilustración 33, son significativos.

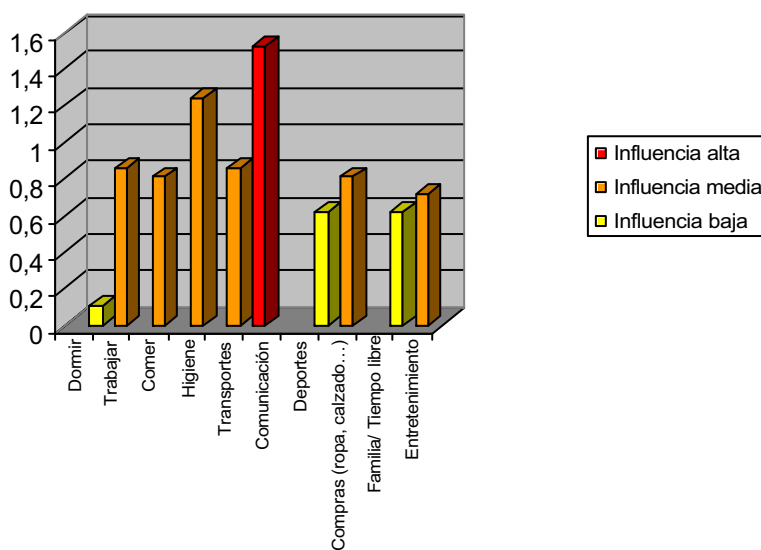


Ilustración 33: Impacto de la nanotecnología en las rutinas diarias.

Fuente: Elaboración propia.

79. Información obtenida de European Nanotechnology Gateway (2005).

Los sectores que sufrirán mayor influencia serán el de la comunicación, la higiene, el trabajo y los transportes, mientras que los que se verán menos afectados son los relacionados con el descanso, los deportes y el tiempo libre. La valoración general coincide, en gran medida, con los esfuerzos realizados por la industria.

Una visión futurista

La información analizada en este documento puede hacer pensar que la nanotecnología está más cerca de la ciencia ficción que de nuestra cotidianidad. Nada más lejos de la realidad. La plasmación de nuestra vida o de la de nuestros hijos dentro de no muchos años puede ilustrar una previsión real.

Imagínese que comienza el día, totalmente descansado, gracias a unas pastillas con nanopartículas que permiten que con dos horas de reposo consiga el mismo efecto que si hubiera dormido ocho. La cama y la almohada también contribuyen a un buen descanso gracias a su mayor higiene y a su propiedad de atrapar el sudor y la humedad.

En la ducha, el gel y el champú actúan a nivel celular. De esta forma, no sólo limpian mejor, sino que también tienen multitud de nuevas propiedades que favorecen la salud atendiendo a cada tipo de piel. La nanotecnología está presente en cremas antiarrugas, antiacné, espuma de afeitar, etc., multiplicando su efectividad y la rapidez de sus resultados.

Llega la hora de desayunar y lo primero que hay que observar es el color del bote de leche, ya que contiene unas nanopartículas que lo modifican para avisarle de si está estropeada.

A la hora de salir de casa, los cambios en los medios de transporte, gracias a la nanotecnología, le proporcionan mayor tranquilidad. Los vehículos son mucho más seguros, ya que las carrocerías son más resistentes y flexibles.

Mis notas

La lluvia ya no es tan molesta a la hora de conducir, puesto que los coches incluyen nanosensores que avisan de la presencia de agua en la calzada y los cristales repelen las gotas, haciendo que mejore la visibilidad. Éstos limitan también la luz que entra en el vehículo, evitando los deslumbramientos producidos por los vehículos que circulan en sentido contrario.

Además, el cuidado del medio ambiente parece garantizado. Los coches, gracias a nuevas fuentes de energía, no necesitan gasolina. De hecho, se mueven impulsados por la energía que se produce a través de la pintura con nanocélulas solares. Sin embargo, esto no es todo. También su móvil lleva incorporados unos nanosensores que permiten la detección de determinadas sustancias químicas en el ambiente y que se pueden limpiar gracias a las capacidades antibacterianas de las nanopartículas que emite su teléfono. Al llegar al trabajo, se puede encontrar con una fuente de agua con nanomoléculas que aumentan el rendimiento a la hora de trabajar y, aunque sea lunes, los nuevos sistemas de ventilación con iones le subirán el ánimo.

Es casi imposible que se quede sin batería en el móvil, en el portátil o en su libro electrónico, ya que las células de combustible que utilizan son mucho más duraderas (y ecológicas).

Llega la hora de comer y sus posibles carencias de vitaminas, oligoelementos, etc. se pueden solventar gracias a la nanotecnología incorporada en ciertos tipos de comida, que seguro que puede encontrar en alguno de los restaurantes que hay en los alrededores de la oficina. Y, una gran revolución, hay bebidas interactivas a gusto del consumidor. Si es invierno, estará bien abrigado con los tejidos que combaten el frío gracias a las nanopartículas y, si llega la primavera, las nuevas prendas de vestir que atrapan el polen y aíslan bacterias pueden ayudarle a evitar las alergias. También, en el campo textil, se han mejorado los tejidos, que ahora pueden ser ignífugos, cambiar de color o combatir los olores al atrapar los microbios mediante el uso de las nanopartículas. Y, por supuesto, nada más práctico que evitar llevar la corbata a la tintorería al estar fabricada con un tejido resistente a las manchas.

En el sector de los deportes también han aparecido nuevos materiales que, gracias a la nanotecnología, han mejorado las prestaciones de algunos instrumentos: las raquetas de tenis, los palos y pelotas de golf, o las bicicletas y los cascos protectores son mucho más resistentes.

Por su parte, las tareas del hogar necesitan dedicarles menos tiempo gracias a las superficies autolimpiables, no sólo de muebles, sino también de duchas, lavavajillas, hornos, etc., que incluyen nanopartículas que terminan con las bacterias y el óxido. Las casas son también más ecológicas y utilizan menos energía. El uso de nuevos materiales de fabricación que guardan el calor o la combinación de nuevas fuentes de energía son algunas de las causas.

En definitiva, toda esta información, que se ha presentado de una manera cotidiana, se proporciona con el objetivo de ayudar en el proceso de reflexión sobre la nanotecnología. La evolución de las industrias y la adecuación estratégica de las empresas a estos nuevos avances son procesos que deben continuar y que darán su fruto cuando el mercado esté preparado para ello.