

## ESTUDIO DE PROSPECTIVA

# APLICACIONES INDUSTRIALES DE LAS NANOTECNOLOGÍAS EN ESPAÑA EN EL HORIZONTE 2020

## RESUMEN

Las nanociencias y las nanotecnologías incluyen un conjunto de disciplinas y técnicas orientadas al estudio y manipulación de la materia a escala nanométrica, es decir a escala de átomos, moléculas y estructuras moleculares. A esta escala las fronteras entre la química, la física y la biología se solapan y confunden.

Las innovaciones basadas en nanotecnología darán respuesta a gran número de los problemas y necesidades de la sociedad y suponen un desafío para las actividades industriales y económicas, hasta el punto de que se considera el motor de la próxima revolución industrial.

El mercado de productos que incorporan nanotecnologías en el mundo fue de USD50.000 millones en 2006 y se espera que alcance los USD2,9 billones en 2014.

El esfuerzo investigador en nanotecnologías fue de USD11.800 millones y no deja de crecer.

Este estudio pretende identificar los campos más importantes de aplicación de las nanotecnologías en el futuro e identificar las necesidades de I+D+i para proporcionar información de utilidad para que los responsables de la toma de decisiones de la Administración y las empresas puedan elaborar estrategias de actuación en el desarrollo y aplicación de las nanotecnologías. Para su realización se ha consultado a más de un centenar de expertos de centros de investigación, la industria y la universidad.

## APLICACIONES EN EL TRANSPORTE

La principal aportación de la nanotecnología al transporte serán vehículos más ligeros y eficientes, sin emisiones contaminantes, más seguros e inteligentes y además reciclables. Algunas aplicaciones basadas en nanotecnologías ya están disponibles, y la mayoría tendrán un desarrollo industrial a partir de 2010.

Las áreas en las que se implantarán las nanotecnologías serán:

- **Aplicaciones estructurales:**
  - Nuevas aleaciones más ligeras y resistentes para piezas, chasis y carrocerías, que permitirán reducir hasta en un 30% el peso de aviones y automóviles. Su aplicación se prevé hacia 2015
- La aplicación de nanomateriales compuestos a los **neumáticos** mejorarán sus características de adherencia y los reforzarán ante la abrasión en un futuro próximo (2010).

- **Superficies (multi) funcionales**, recubrimientos con gran dureza, resistencia a la abrasión y a la corrosión (anti-rayado, anti-incrustaciones o anti-corrosión para navíos). Estas aplicaciones estarán disponibles para su comercialización hacia 2015.
- **Propulsión**, la aplicación de nanomateriales se encauza a mejorar el rendimiento y la fiabilidad de los sistemas de propulsión, especialmente con la aplicación de pilas de hidrógeno a los motores, con emisiones cercanas a 0 (reemplazan a los combustibles fósiles) y con ventajas como la ausencia de ruido. Estas aplicaciones deben superar su elevado coste y su corto periodo de vida, aspectos en los que los nanomateriales también aportarán soluciones. En cualquier caso su desarrollo se prevé entre 2011 y 2020 para generalizarse a partir de esa fecha. Se espera que a partir de 2013 España puede aminorar la dependencia del exterior en este campo.
- **Equipos de interior**, destinados a la protección y el confort de los pasajeros. Se aplicarán revestimientos absorbentes de los impactos, menos inflamables. Estas aplicaciones estarán disponibles desde 2015 y se prevé que nuestro país tenga una dependencia muy acentuada de la tecnología exterior en este campo.
- **Varios**. Existe un gran interés por el desarrollo de sensores y actuadores que mejoran la seguridad y los automatismos de todo tipo de transporte (terrestre, aéreo o naval) hasta llegar a la conducción automática. En el periodo de 2016 a 2020 habrá ya una plena comercialización de estos dispositivos basados en nanotecnologías y en 15 años será posible disponer de un dominio tecnológico nacional en este campo.

## APLICACIONES EN LA ENERGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE

La nanotecnología se aplica principalmente en el control de propiedades (sobre todo químicas, eléctricas y ópticas) de los materiales a nivel nanométrico para mejorar la producción y el uso eficiente de la energía.

- **Energías renovables**. Las nanotecnologías tendrán un papel preponderante en el aprovechamiento de la energía solar, mediante nanomateriales sustitutos del silicio, que permitan aprovechar las radiaciones infrarrojas y ultravioletas para generar energía e incluso materiales que permitan la producción directa de hidrógeno a partir de la luz del sol mediante sistemas bio-inspirados (que imitan a la naturaleza). La mayor parte de estos desarrollos estarán disponibles a partir de 2015.
- **Hidrógeno y pilas de combustible**. Numerosos nanomateriales han revelado importantes propiedades como catalizadores con un enorme potencial de aplicación en áreas como la conversión directa de celulosa, la obtención de combustibles líquidos, de hidrógeno y de agua potable y su utilización en pilas de combustible, con aplicaciones industriales previstas a partir de 2010.
- **Almacenamiento y transporte de energía**. El uso de hidrógeno como transportador de energía primaria y producido a partir de energías renovables, pasa por mejorar su almacenamiento. En este campo los nanomateriales presentan propiedades muy interesantes para controlar la captura y liberación del hidrógeno. En cuanto al transporte energético, hoy basado en cables de aluminio y cobre, los materiales nanoconductores superestructurados y los nanotubos de alta conductividad (tanto en cableados como en bobinados de motores) se ven como una alternativa futura.

- **Medio ambiente.** Están en fase de desarrollo diversos tipos de nanosensores que permiten detectar características tanto físicas como químicas que permitirán crear dispositivos de control medioambiental en el entorno y en los procesos de producción de energía. De forma activa, se están desarrollando catalizadores basados en nanoestructuras capaces de destruir las moléculas peligrosas, útiles para la descontaminación, por ejemplo de agua.

## APLICACIONES EN LAS TIC Y ELECTRÓNICA

Cada vez demandamos mayor conectividad, la nanotecnología, además de miniaturizar los dispositivos que utilizaremos para conectarnos a las redes de información, conseguirá mayor funcionalidad aumentando los canales disponibles, permitiendo utilizar frecuencias más altas en la comunicación inalámbrica. Además exigimos a los dispositivos de movilidad que estén cada vez más tiempo conectados y que no tengan un impacto medioambiental, en todos estos aspectos incide la nanotecnología.

- **Electrónica post-CMOS.** Se refiere a todos los materiales, estructuras, dispositivos y arquitecturas que se desarrollarán a largo plazo (producción hacia el 2020) para conseguir circuitos integrados con mayor capacidad de conmutación y de almacenamiento de información que la tecnología actual CMOS y la futura CMOS 32nm. Nuevos transistores y circuitos basados en nanotubos de carbono o la *spintrónica*, que utiliza el spin de un electrón y su carga para transmisión de información, serán las tecnologías que se aplicarán sobre todo a la optoelectrónica, la fotónica y los sistemas embebidos.
- **Dispositivos (transistores y memorias).** El objetivo es fabricar circuitos con mayor capacidad de computación y de almacenamiento de la información y dispositivos de memoria nanométricos.

## APLICACIONES EN LA SALUD Y LA BIOTECNOLOGÍA

Dada la escala nanométrica a nivel celular, la nanotecnología en el campo de la física y la química aplicada a la biotecnología da lugar a la nanobiotecnología.

Esta ciencia aplicada a la medicina sirve para desarrollar nuevos sistemas de diagnóstico (diagnóstico molecular) o terapias (nanofármacos o medicina regenerativa) basadas en interacciones entre el cuerpo humano y materiales, estructuras o dispositivos a escala nanométrica.

Además de a la medicina, esta ciencia puede aplicarse a la seguridad alimentaria, por ejemplo implantando sensores en los alimentos que verifiquen su óptimo estado, gusto y aroma) o la cosmética (por ejemplo creando estructuras que sean fácilmente absorbibles por el cuerpo humano).

- **Diagnóstico.** La nanotecnología busca identificar la patología en el estado más inicial posible, idealmente a nivel de una única célula. Especialmente relevante resulta el uso de los *nanorays* (biosensores) para el diagnóstico y seguimiento de enfermedades o el uso de nanopartículas como marcadores en ensayos clínicos o como agentes de contraste en pruebas diagnósticas. Las nanotecnologías pueden ser especialmente eficaces en un plazo de 10 años en el diagnóstico de enfermedades como el cáncer, patologías del sistema cardiovascular y neurológico, enfermedades infecciosas y metabólicas.
- **Tratamiento.**



- **Implantes, terapia celular e ingeniería tisular.** Las aplicaciones en medicina regenerativa cambiarán radicalmente la forma de tratar las enfermedades. Ya se ha iniciado el uso de estructuras que sirven de anclaje o andamio a la regeneración celular (por ejemplo a base de cristal bioactivo), incluyendo el uso de células madre, para crear tejidos (piel, hueso, cartílago) que pueden ser después injertados en pacientes en sustitución de los dañados. Posteriormente, son absorbidos por los tejidos nuevos producidos por el individuo. En un futuro se podrán también prevenir discapacidades crónicas como la artrosis, las enfermedades del aparato cardiovascular y del sistema nervioso central.

Otra línea de actuación son los biomateriales: los **biomiméticos**, mediante biomateriales inteligentes, moléculas bioactivas de señalización y las propias células, que imitan el comportamiento natural de crecimiento de los tejidos, los **biomateriales de tercera generación** que incorporan la adaptación de polímeros reabsorbibles a nivel molecular para producir respuestas celulares específicas a los cambios de temperatura, PH, estimulación eléctrica o nivel energético y otros biomateriales para facilitar la fijación de los implantes, alargar la vida de los mismos y evitar el rechazo.

En cuanto a la imitación de materiales extracelulares presentes en los tejidos, la nanotecnología puede fabricar estructuras como nanocables, nanoguías, nano andamios porosos, nanoramificaciones y otras estructuras moleculares.

- **Nanobiotecnología aplicada a nuevas técnicas de administración de fármacos.** Las nanotecnologías permiten crear dispositivos suficientemente pequeños como para atravesar los conductos vasculares y las membranas celulares, lo que evitará tener que realizar invasiones externas (como inyecciones). Además permite un control preciso de las dosis suministradas así como soluciones de liberación continuada y programada desde el propio cuerpo del paciente.

Es clave también en la **terapia génica**, la posibilidad de liberar fármacos que actúen sobre la genética celular, posibilitando vacunas contra enfermedades como el SIDA, la hepatitis C y la malaria y terapias contra el cáncer y enfermedades genéticas. Algunas de estas soluciones estarán disponibles antes de 2015.

- **Genómica, proteómica.** La genómica se ocupa de descifrar el genoma de los seres vivos, sus funciones y su regulación. La proteómica es el estudio del proteoma, la función y regulación de las proteínas codificadas por el genoma y su función en el contexto del organismo. La nanotecnología proporciona herramientas indispensables para su conocimiento y ambas son claves en el desarrollo de los conocimientos fundamentales para la salud.

## **APLICACIONES EN SECTORES TRADICIONALES: TEXTIL, CONSTRUCCIÓN, CERÁMICA Y OTROS**

La nanotecnología supone una oportunidad para obtener productos de alto valor añadido con nuevas y mejores características, por lo que afectará significativamente a los sectores denominados “tradicionales”, con aplicaciones que estarán disponibles en los mercados a partir de 2015.



- **Sector textil.** La competencia globalizada fuerza a este sector hacia una orientación a productos de mayor valor añadido para incrementar su productividad. En concreto fabricando productos especiales a base de alta tecnología que incluye la nanotecnología, aplicando nuevos textiles como material alternativo en sectores como el aeroespacial, automóvil, salud, ingeniería civil, agricultura o telecomunicaciones y buscando la producción de productos personalizados.

Las líneas de investigación en este campo se centran en:

- Desarrollo de nanofibras.
  - Utilización de diferentes compuestos: nanoarcillas (propiedades mecánicas, protección UV), nanofibras de carbono (resistencia, conductividad y propiedades antiestáticas), nanopartículas de óxidos metálicos (propiedades fotocatalíticas, antimicrobianas...)
  - Fibras con estructura nanoporosa (ultraligeras y con alto aislamiento térmico, posibilidad de encapsulación de compuestos químicos...)
  - Acabados textiles nanoestructurados para obtener recubrimientos más completos y precisos, con funciones repelentes al agua, a la grasa y a la suciedad, con funciones antimicrobianas...
- **Construcción.** Las nanotecnologías ofrecen un alto potencial para promover innovaciones radicales y de alto valor añadido en la fabricación, propiedades y uso de los materiales de construcción. Facilitará materiales más ligeros, resistentes, con menor impacto ambiental e incluso autoadaptables e inteligentes. Estos materiales se aplicarán a partir de 2015. Algunas de las líneas de investigación en este campo son:
    - Nanoaditivación de cemento y otros aglomerantes para obtener compuestos que descomponen los compuestos orgánicos volátiles, autolimpiables, antimicrobianos o para incorporar nanosensores que controlen el estado de las estructuras o la calidad del aire en el interior de los edificios.
    - Materiales aislantes avanzados basados en aerogeles, vidrios nanoporosos o paneles aislados al vacío.
    - Vidrios especiales con propiedades de protección antiincendios, recubrimientos funcionales (por ejemplo filtradores de radiaciones)
    - Materiales autorreparables.
    - Materiales inteligentes que respondan a estímulos como la temperatura, la humedad, la tensión...
  - **Cerámica.** Las nanotecnologías ofrecen la posibilidad de desarrollar cerámicas con nuevas funciones, antideslizantes, antirrayado, autolimpiables, esterilizantes, con efectos térmicos o electromagnéticos y con nuevas posibilidades estéticas. Estas aplicaciones estarán disponibles en el horizonte de 2015.
  - **Otros.** Otras aplicaciones relevantes de las nanotecnologías se darán en sectores como el del envase, con envases activos que conservan el producto y mantienen sus características e informan al consumidor sobre su estado

Abril 2008