

# Nanotecnología en Medicina

Informe de síntesis de  
tecnología emergente

Nanotechnology in Medicine  
*Executive summary*

Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias  
AETSA 2007/02-2

**INFORMES, ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN**







# Nanotecnología en Medicina

Informe de síntesis de  
tecnología emergente

Nanotechnology in Medicine.  
*Executive summary*

Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias  
AETSA 2007/02-2

Cuadros Celorrio, Marta

Nanotecnología en Medicina. Informe de síntesis de tecnología emergente. Marta Cuadros Celorrio, Aurora Llanos Méndez, Román Villegas Portero.— Sevilla: Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía, 2009. 48 p; 24 cm. (Colección: Informes, estudios e investigación. Ministerio de Sanidad y Política Social. Serie: Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias)

1. Nanotecnología 2. Nanoestructuras I. Llanos Méndez, Aurora. II. Villegas Portero, Román III. Andalucía. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias IV. España. Ministerio de Sanidad y Política Social V. España. Ministerio de Ciencia e Innovación.

**Autores:** Marta Cuadros Celorrio, Aurora Llanos Méndez, Román Villegas Portero.

**Edita:** **Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía**  
Avda. de la Innovación s/n.  
Edificio RENTA SEVILLA, 2ª planta.  
41020 Sevilla  
España – Spain

Este documento se ha realizado en el marco de colaboración previsto en el Plan de Calidad para el Sistema Nacional de Salud elaborado por el Ministerio de Sanidad y Política Social, al amparo del convenio de colaboración suscrito por el Instituto de Salud Carlos III, organismo autónomo del Ministerio de Ciencia e Innovación y la Fundación Progreso y Salud de Andalucía

**ISBN:** 978-84-96990-49-4  
**NIPO:** 477-10-020-1  
**Depósito Legal:** SE-6516-2010  
**Imprime:** Egea Impresores, Sevilla.

Este documento puede ser reproducido en todo o en parte, por cualquier medio, siempre que se cite explícitamente su procedencia.

# Nanotecnología en Medicina

Informe de síntesis de  
tecnología emergente

Nanotechnology in Medicine.  
*Executive summary*



MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



Instituto  
de Salud  
Carlos III

Ministerio de Ciencia e Innovación

AIE Agencia de Evaluación  
TIS de Tecnologías Sanitarias



MINISTERIO  
DE SANIDAD  
Y POLÍTICA SOCIAL



JUNTA DE ANDALUCÍA  
CONSEJERÍA DE SALUD



# Conflicto de Interés

Los autores declaran que no tienen intereses que puedan competir con el interés primario y los objetivos de este informe e influir en su juicio profesional al respecto.



# Índice

<b>Índice de Tablas y Figuras</b>	11
<b>Resumen ejecutivo</b>	15
<b>Executive abstract</b>	17
<b>Introducción</b>	19
Definición	19
Nanomedicina	20
Nanomateriales	21
Aplicaciones de la nanotecnología	24
Situación actual	25
<b>Material y Métodos</b>	29
Consultados a expertos	29
Estudio bibliométrico	30
<b>Resultados</b>	31
Consultados a expertos	31
Estudio bibliométrico	34
<b>Discusión</b>	37
<b>Referencias</b>	39
<b>Anexo</b>	41
Cuestionario remitido a los especialistas	43



# Índice de Tablas y Figuras

Tabla 1. Algoritmo de la nanomedicina de Wolbring.....	21
Tabla 2. Ejemplos de nanotecnologías y su aplicación en cáncer.....	27
Tabla 3. Aplicaciones de la nanomedicina en el manejo asistencial de alguna enfermedad.....	31
Tabla 4. Aplicaciones de la nanomedicina en el manejo asistencial de alguna enfermedad a corto-medio plazo.....	33
Figura 1. Análisis de los resultados obtenidos en MEDLINE, artículos según el volumen y año de publicación.....	34
Figura 2. Resultados del estudio bibliométrico según el volumen y aplicación.....	35



# Glosario

**ADN.** Abreviatura del ácido desoxirribonucleico (en inglés, DNA. *Deoxyribonucleic Acid*).

**Dendrímeros.** Son estructuras tridimensionales ramificadas que pueden diseñarse a escala nanométrica con extraordinaria precisión. Los dendrímeros cuentan con varios extremos libres, en los que se pueden acoplar y ser transportadas moléculas de distinta naturaleza, desde agentes terapéuticos hasta moléculas fluorescentes.

**Ferrofluido.** Líquido que se polariza en presencia de un campo magnético. Los ferrofluidos se componen de partículas ferromagnéticas suspendidas en un fluido portador, que comúnmente es un solvente orgánico o agua. Se han realizado experimentos donde se inyecta al paciente un ferrofluido de nanopartículas magnéticas que llevan incorporada la medicación. Estas nanopartículas viajan a la zona afectada guiados por un campo magnético, reduciendo el efecto nocivo sobre las zonas sanas y mejorando la eficacia del tratamiento sobre la zona localizada.

**Fullerenos o fullerenos.** Son macromoléculas de carbono individuales, con estructuras cerradas formadas por varias decenas de átomos de carbono únicamente. Son la tercera forma más estable del carbono, tras el diamante y el grafito.

**Microarrays, micromatrices, arrays, biochip, chip.** Es una superficie sólida a la cual se unen una serie de fragmentos de ADN, ARN o tejido en función de lo que se vaya a estudiar. En cada cristal o portaobjetos se pueden imprimir, en miles de spots o puntos, diferentes insertos de clones o pequeños fragmentos de ADN u oligonucleótidos (ADN sintetizados químicamente), o bien secciones mínimas de tejido representativas. Cada uno de los puntos va a servir para determinar en qué medida se está ganando o expresando el gen/proteína al que representa.

**Micrón.** Una milésima de una milésima parte de un metro, es decir una millonésima parte de un metro.

**Monómero** (del griego mono, uno y meros, parte). Es una molécula de pequeña masa molecular que unida a otros monómeros, a veces cientos o miles, por medio de enlaces químicos, generalmente covalentes, forman macromoléculas llamadas polímeros.

**Nano.** Prefijo griego que indica una medida, no un objeto.

**Nanomaterial.** Es todo aquel material en las cuales alguna de sus dimensiones espaciales tiene tamaño nanométrico.

**Nanomedicina.** Rama de la nanotecnología que está produciendo avances en el diagnóstico, prevención y tratamiento de las enfermedades a nivel celular o molecular.

**Nanometro (nm).** Unidad de longitud que equivale a una milmillonésima parte de un metro ( $10^{-9}\text{m}$ ).

**Nanopartícula.** Partícula que tiene como diámetro entre 1 y 100 nm.

**Nanotecnología.** Se caracteriza por ser un campo esencialmente multidisciplinar y cohesionado exclusivamente por la escala de la materia con la que trabaja.

**Principio activo.** Es el responsable del efecto farmacológico del medicamento. Por ejemplo, el principio activo de la *Aspirina* es el ácido acetilsalicílico.

**SNPs.** Polimorfismos de cambios en un nucleótido (en inglés, *Single Nucleotide Polymorphism*). Los múltiples alelos de un gen entre una población, normalmente expresados como diferentes fenotipos. Los seres humanos compartimos el 99,9% de los genes secuenciados, mientras que el 0,1% restante es diferente en cada individuo. Estas variaciones se encuentran a lo largo de toda la cadena, en promedio de una cada 800 nucleótidos y, hasta el momento, se han identificado cerca de 3,2 millones. El gran número de posibles combinaciones de SNPs ha dado lugar a la individualidad genómica que confiere susceptibilidad o resistencia a enfermedades, así como variabilidad en la respuesta a medicamentos.

**XYOTAX (Zi-o-taks).** Agente quimioterapéutico que une el paclitaxel a un polímero biodegradable. XYOTAX™ mejora el sistema de liberación del paclitaxel en el tejido tumoral, protegiendo el tejido normal de los efectos tóxicos.

# Resumen ejecutivo

**Título:** Nanotecnología en Medicina.

**Autores:** Marta Cuadros Celorrio, Aurora Llanos Méndez, Román Villegas Portero.

La palabra nanotecnología es usada extensivamente para definir a aquellas ciencias y técnicas dedicadas al estudio, diseño, creación, síntesis, control, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a una nano escala, es decir a una millonésima parte de un milímetro ( $10^9$  metros) y por tanto permiten trabajar y manipular de forma individual átomos y moléculas.

La nanotecnología abarca cinco áreas fundamentalmente: minerales y agroindustria, dispositivos médicos y salud, energía y medioambiente, materiales y fabricación, y electrónica, información y comunicaciones. Entre las principales ciencias de aplicación destacan la informática, la medicina, la biología y la construcción. Por tanto, la nanomedicina es una rama de la nanotecnología con aplicaciones directas en medicina, que podría permitir el abordaje de las enfermedades (diagnóstico, prevención y tratamiento) desde el interior del organismo. Además, esta capacidad mejoraría el conocimiento de las vías de regulación y señalización que dirigen el comportamiento de las células normales y transformadas.

Nuestro principal objetivo fue identificar nanodispositivos en uso en el ámbito de la medicina asistencial, así como su posible utilización a corto-medio plazo, enunciando el tipo de técnicas y la utilidad clínica de las mismas. Para ello, utilizamos dos tipos de métodos: una encuesta a profesionales expertos en el ámbito de la nanomedicina y un estudio bibliométrico sobre investigación aplicada en nanomedicina, utilizando estrategias de búsqueda en las bases de datos referenciales MedLine, Current Contents y Embase.

Los expertos se identificaron a partir de la Plataforma Española de Nanomedicina y a través de una estrategia en “bola de nieve”, preguntando a los propios expertos. La encuesta se realizó mediante un cuestionario con preguntas abiertas y cerradas, gestionada por [www.surveymonkey.com](http://www.surveymonkey.com). El cuestionario preguntaba por el uso actual y futuro de la nanomedicina, además de dejar un espacio abierto para expresar opiniones sobre cualquier tema considerado de interés. Se enviaron 58 cuestionarios y se recibió respuesta de 10 expertos (tasa de respuesta: 17%). La mayoría de ellos (60%) conocía aplicaciones actuales de la nanomedicina en la práctica clínica, denotando homogeneidad de respuesta sobre esta cuestión. Asimismo, las opi-

niones fueron parecidas sobre el uso a corto-medio plazo: el 80% conocían algún nanodispositivo cuyo uso en la asistencia fuera previsible en un marco temporal de 5 años y siete expertos apuntaron algunos sistemas, concretando el tipo de uso y la entidad nosológica donde se podría utilizar.

El estudio bibliométrico constató un crecimiento exponencial de artículos sobre nanomedicina en humanos aunque la gran mayoría fueron artículos de revisión. Se observó concordancia entre las respuestas emitidas por los expertos consultados y el estudio bibliométrico, especialmente en cuanto a posibles técnicas de uso a medio plazo. Entre ellas, destacó los sistemas liberadores de fármacos, y más concretamente los usados en tratamientos oncológicos y los biosensores como herramientas diagnósticas.

# Executive abstract

Title: Nanotechnology in medicine.

Authors: Marta Cuadros Celorrio, Aurora Llanos Méndez, Román Villegas Portero.

The word “nanotechnology” is widely used to define the science and technology dedicated to studying, designing, creating, synthesizing, controlling, handling and using materials, devices and functional systems at nanoscale. That is to say a millionth of a millimetre ( $10^{-9}$  m) and so we are able to work with and handle atoms and molecules.

The field of nanotechnology covers five main areas: Minerals and agroindustry, medical devices and health, energy and environment, materials and manufactures, and electronics, information and communication. Computers, Medicine, Biology and building are among main applications of nanotechnology. Therefore, “nanomedicine” is a branch of nanotechnology with direct applications in Medicine which could make possible a management of diseases (diagnostic, preventive or therapeutic) from inside the organism. This ability would improve the knowledge of regulatory and signalling paths directing normal and modified cells behaviour.

Our main objective was to identify nanodevices currently used in healthcare and its possible uses at a short term or a medium term, classifying technologies types and clinical uses. We have used two methods: a survey to professionals who are experts in the nanomedicine field and, in the other hand, a bibliometric study on applied research of nanomedicine using strategies for retrieving literature from the biomedical reference databases Medline, Embase and Current Contents.

Experts were identified from the Plataforma Española de Nanomedicina (*Spanish Platform for Nanomedicine*) and asking to them for other experts, through a “snowball strategy”. The survey was performed through a questionnaire containing both open and closed questions, and managed by [www.surveymonkey.com](http://www.surveymonkey.com). We asked for current use and future applications of nanomedicine and there was blank space in order to freely express opinions or to propose issues considered of interest by experts. 58 questionnaires were sent and 10 responses were obtained (17%). Most of experts (60%) knew applications currently used in clinical practice which shows a homogeneity on this question. Likewise, we obtained very similar responses about short-term uses: 80% knew nanodevices to be used in a 5 years horizon, and 7 experts pointed at specific systems and at diseases it will be used on.

The bibliometric study stated an exponential grow in the number of papers on nanomedicine in humans, although most of them were review articles. We appreciated concordance between experts' answers and bibliometric study for technologies to be used in a medium term. Among them, drug releasing systems were emphasized and especially those used for cancer therapy and biosensors as diagnostic tools.

# Introducción

## Definición

El físico y ganador del Premio Nobel Richard Feynman predijo en 1959 las oportunidades que presentaba la manipulación de la materia a una escala atómica y molecular. No obstante, el término nanotecnología no fue usado hasta 1974 por el ingeniero, y también ganador del Nobel, Norio Taniguchi.

La palabra nanotecnología es usada extensivamente para definir a aquellas ciencias y técnicas dedicadas al estudio, diseño, creación, síntesis, control, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a una nano escala, es decir a una millonésima parte de un milímetro ( $10^{-9}$  metros) y por tanto permiten trabajar y manipular de forma individual átomos y moléculas (1). Al manipular la materia, en un rango entre uno y cien nanómetros, esta presenta fenómenos y propiedades totalmente nuevas. Por tanto, los científicos utilizan la nanotecnología para crear materiales, aparatos y sistemas novedosos y poco costosos y con propiedades únicas.

Para hacernos una idea de lo que representa trabajar a una nanoescala citaremos varios ejemplos. Tomemos una milésima parte de un milímetro y obtendremos un micrón, que es la escala para construir computadoras, memorias y dispositivos lógicos. El nanómetro que es una milésima del micrón y una milésima de una millonésima de metro (una milmillonésima de metro). Otra forma de visualizar un nanómetro:

- Un átomo de hidrógeno tiene 1 nm.
- El diámetro de la hemoglobina es de 5 nm aproximadamente.
- Un glóbulo rojo tiene alrededor de 7000 nm de diámetro y 2000 nm de alto.
- Un cabello humano tiene aproximadamente un ancho promedio de 40.000 nm.

Según el estudio publicado por la Centre for Technology Assessment at the Swiss Science and Technology Council SSTC (TA-SWISS), la nanotecnología puede aplicarse de cinco formas distintas (2):

- Partículas con estructura simple.
- Sistemas combinados de partículas (estructuras).
- Estructuras con dos dimensiones (superficies).
- Estructuras sumamente complejas equipadas con unidades mecánicas, químicas y eléctricas (nanodispositivos).
- Procedimientos y métodos.

La nanotecnología abarca cinco áreas fundamentalmente (3)

1. Minerales y agroindustria.
2. Dispositivos médicos y salud.
3. Energía y medioambiente.
4. Materiales y fabricación.
5. Electrónica, información y comunicaciones.

Entre las principales ciencias de aplicación destacan la informática, la medicina, la biología y la construcción. Actualmente, existen cerca de tres mil productos generados con nanotecnología, la mayoría para usos industriales, aunque las investigaciones más avanzadas se registran en el campo de la medicina y la biología.

Desde el punto de vista sanitario, las investigaciones se centran en cómo aplicar la nanotecnología a la medicina para mejorar la capacidad de prevenir, diagnosticar, comprender y tratar las enfermedades.

## Nanomedicina

La nanomedicina es una rama de la nanotecnología con aplicaciones directas en medicina, que está permitiendo el abordaje de las enfermedades desde el interior del organismo, a un nivel celular o molecular. De este modo, los dispositivos con un tamaño menor de 50 nm pueden entrar fácilmente en la mayoría de las células mientras que, los menores de 20 nm pueden transitar por el torrente circulatorio (4).

La nanomedicina es ya una realidad que está produciendo avances en el diagnóstico, prevención y tratamiento de las enfermedades porque, entre otras razones, permite interactuar con las biomoléculas (proteínas y ácidos nucleicos). Además, esta capacidad posibilitará un conocimiento mejor de las complejas vías de regulación y señalización que dirigen el comportamiento de las células normales y transformadas.

Se considera que determinados campos pueden ser objeto de un interés especial, especialmente: monitorización (imágenes), reparación de tejidos, control de la evolución de las enfermedades, defensa y mejora de los sistemas biológicos humanos, diagnóstico, tratamiento y prevención, administración de medicamentos directamente a las células, etc. Todos ellos constituirían nuevos avances tecnológicos en la medicina.

Existen varias clasificaciones que han intentado agrupar los avances de la de la nanomedicina, las más conocidas y aceptadas son la de Wolbring (5) y Freitas R (6). Muchos de estos productos se pueden encontrar exclusivamente en el ámbito de la investigación mientras que otros ya están en el mercado.

**Tabla 1. Algoritmo de la nanomedicina de Wolbring (5)**

1 <sup>er</sup> nivel	2 <sup>er</sup> nivel	3 <sup>er</sup> nivel
Biofarmacia	Liberación de principios activos	Sistemas de encapsulación Transportadores funcionales
	Terapia génica*	
	Descubrimiento de nuevos fármacos	
Materiales implantables	Reparación tisular y reemplazo	Implantes de recubrimiento Regeneración tisular
	Materiales de implante estructurales	Reparación ósea Materiales bioresorbable Materiales inteligentes
Dispositivos implantables	Dispositivos de evaluación y tratamiento	Sensores implantables y otros sistemas
	Dispositivos sensoriales	Implantes de retina Implantes cocleares
	Herramientas de quirófano	Instrumentos inteligentes Robots quirúrgicos
Diagnóstico	Pruebas genéticas	Tecnologías de detección y marcaje ultrasensibles
	Imagen	Sondas nanopartículas Sistemas de imagen

\* Terapia génica fue añadida a esta clasificación

## Nanomateriales

Los nanomateriales son muy diversos en su naturaleza física, química y biológica. Tienen propiedades muy distintas a las de sus homólogos a gran escala debidas a su elevado cociente área/superficie y fuerza/peso, y a la aparición de efectos cuánticos.

Los nanomateriales pueden ser clasificados de acuerdo a:

### 1. Número de dimensiones y tamaño menor de 100 nm (7)

**1.1. Una dimensión.** Como ejemplos citaremos: películas (*films*), capas (*layers*) y baños de superficie (*surface coatings*) compuestos por pocos átomos y moléculas.

### 1.2. Dos dimensiones

1.2.1. Nanotubos de carbono. Son una forma elemental de carbono, como el diamante, el grafito o los fullerenos que fueron

descubiertos por Iijima en 1991 (8). Están constituidos por redes hexagonales de carbono curvadas y cerradas, formando tubos de carbono nanométricos con una serie de propiedades fascinantes que fundamentan el interés que han despertado en numerosas aplicaciones tecnológicas. Son sistemas ligeros, huecos y porosos que tienen alta resistencia mecánica, y por tanto, interesantes para el reforzamiento estructural de materiales y formación de composites de bajo peso, alta resistencia a la tracción y enorme elasticidad. Algunos nanotubos están cerrados por media esfera de fullereno y otros no. Asimismo, existen nanotubos monocapa constituidos por un sólo tubo (*single wall nanotubes* –SWNTS-), y multicapa formados por varios tubos metidos uno dentro de otro (*multiple wall nanotubes* -MWNT-).

- 1.2.2. Nanotubos inorgánicos. Son moléculas cilíndricas compuestas a menudo por óxidos metálicos y similares morfológicamente a los nanotubos de carbono. No obstante, son más pesados que los nanotubos de carbono y no tan fuertes bajo estrés de tensión pero son particularmente fuertes bajo compresión, conduciendo a potenciales aplicaciones en resistencia de impacto.
- 1.2.3. Nanocables (*nanowires*). Están constituidos por nanopartículas de materiales inorgánicos, tales como silicio, nitrito de galio y fosfato de indio, que se ensamblan a modo de rejilla. Gracias a sus propiedades ópticas, magnéticas y eléctricas constituyen la base de los circuitos lógicos a escala nanométrica.
- 1.2.4. Nanofibras. Fibras con un grosor de decenas de cientos de nanómetros que pueden fabricarse a partir de polímeros sintéticos (ej. ácido poliláctico, poliuretano) u orgánicos (ej. colágeno) (9).
- 1.2.5. Biopolímeros. Compuestos macromoleculares con clara incidencia en la biología de los seres vivos (especialmente entre los mamíferos humanos) y que están dando paso a una serie de aplicaciones médicas, clínicas y farmacéuticas en aumento.
- 1.2.6. Nanoporos. Incluyen poros de materiales sólidos (10;11) y poros formados por proteínas o nanotubos localizados en membranas, por ejemplo, lipídicas (12). Su tamaño, forma y uniformidad pueden controlarse.

### **1.3. Tres dimensiones.**

- 1.3.1. Nanopartículas de masa química (*bulk chemicals*). Son partículas con un diámetro inferior de 100 nm. En comparación con las partículas del mismo material pero de un tamaño mayor, tienen nuevas o propiedades más fuertes relacionadas con el

tamaño. Se sitúan a corto plazo como una de las aplicaciones más inmediatas de la nanotecnología, como es el caso de los biosensores, las nanopartículas con base hierro contra tejidos cancerosos, etc.

1.3.2. Fullerenos, fullerenos o fulleréense. La molécula de fullereno, nueva forma alotrópica del carbono, está constituida por 60 átomos de carbono, todos ellos equivalentes, indistinguibles y cada uno enlazado a otros tres carbonos, formando parte de dos hexágonos y un pentágono que da lugar a una estructura cerrada. Esta familia de moléculas posee unas propiedades excepcionales. Particularmente destaca la geometría tridimensional altamente simétrica de estas moléculas. En concreto, la más pequeña y representativa de ellas, el fullereno C<sub>60</sub>, posee una geometría idéntica a la de un balón de fútbol.

1.3.3. Dendrímeros, polímeros dendríticos. Moléculas sintéticas poliméricas tridimensionales formadas a partir de un proceso de fabricación a nanoescala. Un dendrímero es construido a partir de un monómero con nuevas ramas añadidas paso a paso hasta que la estructura de árbol esta creada.

1.3.4. Puntos cuánticos. Son cristales nanométricos de materiales semiconductores (13), como el cadmio y el selenio, que al ser estimulados emiten luz fluorescente. La longitud de onda y el color emitido depende del tamaño del cristal.

## 2. Número de dimensiones y tamaño (3)

**2.1. Superficies nanotexturizadas.** Tienen una única dimensión y el grosor de su superficie está entre 0,1 y 100 nm.

**2.2. Nanotubos.** Son dimensionales, con un diámetro entre 0,1 y 100 nm. Están compuestos de carbono, son regulares y simétricos.

**2.3. Nanopartículas.** Son esféricas y por eso tienen tres dimensiones. Tienen un tamaño de partícula entre 0,1 y 100 nm en cada espacio dimensional.

## 3. Momento en el que surgieron:

**3.1. Primera generación.** Esta aplicación temprana permitió el desarrollo de sistemas involucrados en la formulación de medicamentos que liberan el principio activo de manera más segura y efectiva. Ejemplos de esta primera generación de nanodispositivos son los liposomas, nanopartículas unidas a la albúmina, quelatos de gadolinio y partículas de óxido de hierro para resonancia magnética nuclear, nanopartículas de plata y nanopartículas dentales restaurativas.

**3.2. Segunda generación.** Surgen gracias a los grandes avances en la ingeniería molecular que permiten diseñar, liberar, visualizar el principio activo y monitorizar la eficacia terapéutica a tiempo real. Encontramos en esta generación nanosensores, voladizo (*cantilevers*), nanotubos, nanoporos, nanocristales o puntos

cuánticos, nanoesferas, nanocápsulas, nanopartículas, dendrímeros y nanovainas (*nanoshells*).

## Aplicaciones de la nanotecnología en medicina

Las áreas principales donde la nanotecnología puede tener mayor impacto son:

1. **Prevención:** dispositivos que pueden identificar marcadores relacionados con la enfermedad y liberar en ese momento agentes capaces de revertir los cambios premalignos producidos en las células o eliminar las células con potencial maligno.
2. **Diagnóstico:**
  - a. Nanocables. Se usan como sensores capaces de reconocer firmas genéticas de diferentes partículas y transmitir la información.
  - b. *Nanocantilevers*. Son barras flexibles ancladas a una final, asemejándose a una fila de trampolines. Se diseñan para unirse específicamente a distintas moléculas, como anticuerpos, capaces de detectar virus, bacterias, etc.
  - c. Nanotubos. Son capaces de detectar la presencia de genes alterados (ej. mutaciones, SNPs).
  - d. Nanoporos. Gracias al agujero que tienen permiten que el paso de una cadena del ADN y registran la forma y propiedades eléctricas de cada una de ellas. De este modo, el nanoporo puede leer la secuencia del ADN e identificar cambios genéticos.
  - e. Nanocristales y puntos cuánticos. Se pueden unir a un anticuerpo o a otra molécula capaz de unirse a su vez a una sustancia de interés, lo que los hace muy interesantes como marcadores en diagnóstico molecular, citometría de flujo y microscopía de fluorescencia.
  - f. Combidex<sup>TM</sup> (ferumoxtran-10). Es un agente molecular funcional de imagen que consiste en nanopartículas óxido del hierro. Se utiliza conjuntamente con resonancia magnética para ayudar en la diferenciación de nódulos tumorales *versus* normales.
3. **Terapia:** sistemas liberadores de fármacos que permitan mejorar la formulación de principios activos con problemas para acceder al lugar de acción, nanopartículas como principios activos, implantes activos, pasivos e ingeniería tisular.
  - a. Nanoesferas, nanocápsulas y nanopartículas. Dependiendo del método de preparación pueden presentar diferentes propiedades y métodos de liberación.

- b. Nanopartículas inorgánicas, como la albúmina, la silicona, *titania*, pueden unirse a principios activos protegiéndolos de la desnaturalización inducida por el pH estomacal y la temperatura.

#### 4. Diagnóstico/Terapia:

- a. Dendrimeros. Son capaces de encapsular agentes terapéuticos en sus cavidades internas, así como en los grupos externos que poseen. Existen dendrimeros multifuncionales que detectan células específicas y liberan el fármaco en ese momento.
- b. Nanovainas (*nanoshells*). Consisten en un núcleo de sílice rodeado de capas de un conductor metálico, como el oro. Según el tamaño y la composición de cada una de las capas, las partículas pueden ser diseñadas para absorber o dispersar la luz en gran parte de las regiones visible e infrarroja del espectro electromagnético. Estas partículas son fácilmente conjugadas con anticuerpos y otras biomoléculas. Varias son las posibles aplicaciones biomédicas de las *nanoshells*, incluidas la detección de inmunoglobulina en sangre y la terapia térmica para eliminar células tumorales “*in vitro*” e “*in vivo*” (14).

## Implicaciones sociales y morales

Como ciencia emergente, no se sabe todavía mucho acerca de la toxicidad, complicaciones o reacciones adversas de los nanomateriales. Dada la limitada información existente acerca de los riesgos para la salud asociados con la exposición a estas nanopartículas, las prácticas de trabajo (las primeras exposiciones a estos materiales es probable que se produzcan en entornos de investigación y trabajo) y los controles de ingeniería deberán estar adaptados a los procesos y labores asociados con las nanopartículas.

## Situación actual

### España

La Plataforma Española de Nanomedicina (<http://www.nanomedspain.net/>) es una iniciativa que pretende aglutinar a los principales sectores de la investigación, la industria y la administración, con el fin de impulsar una estrategia común en un campo tan multidisciplinar como es la nanomedicina. En esta plataforma, la industria española del sector biomédico y biotecnológico juega un papel fundamental, apoyada de manera muy activa por numerosos

centros tecnológicos, organismos de investigación, universidades, hospitales, así como por la administración pública.

## Europa

La Comisión Europea adoptó un plan de actuación en junio de 2005, con vigencia hasta 2009, que pretendió definir las acciones de implementación inmediata fruto de una estrategia responsable, integrada y segura de las nanociencias y las nanotecnologías. Los principales puntos a tratar fueron (15):

- Cómo y qué debería y qué no ser patentable.
- Regulación a nanoescalas, similar a la existente para los parámetros a macroescala (ej: exposición ocupacional a nanopartículas, cuantos, etc).

## Estados Unidos de América

En octubre de 2005, la National Science Foundation anunció una serie de medidas para unificar esfuerzos a la hora de informar a la población sobre la nanotecnología e identificar las implicaciones que conlleva para la sociedad (16).

Posteriormente se creó la *FDA Nanotechnology Task Force* (agosto de 2006) que se encarga de determinar los accesos que fomentan el desarrollo de productos innovadores, seguros y efectivos regulados por la FDA que emplean nanomateriales, así como identificar y recomendar las vías de conocimiento y vacíos políticos (3).

Además, el Instituto Nacional del Cáncer de Estados Unidos (NCI) ha puesto en marcha *Alliance for Nanotechnology in Cancer*. Esta iniciativa pública y privada ha sido desarrollada para acelerar la aplicación de los nuevos descubrimientos nanotecnológicos en cáncer y así cambiar el modo de diagnosticar, tratar y prevenir el cáncer ([http://nano.cancer.gov/about\\_alliance/mission.asp](http://nano.cancer.gov/about_alliance/mission.asp)) (Tabla 2).

**Tabla 2. Ejemplos de nanotecnologías y su aplicación en cáncer (17)**

Tipos	Posibles aplicaciones
Voladizos	Cribado a gran escala Detección de biomarcadores Detección de mutaciones, SNPs Perfiles de expresión
Nanotubos de carbono	Detección de mutaciones, SNPs Detección de biomarcadores
Dendrímeros	Secuestro específico Sistemas de liberación controlados Agentes de contraste (imagen)
Nanocristales	Mejora de la formulación para principios activos poco solubles
Nanopartículas	Terapéutica multifuncional Sistemas de liberación dirigidos Resonancia magnética (MRI) y ultrasonidos Informadores de la apoptosis, angiogénesis, etc
Nanocáscaras	Extirpación térmica de tejidos tumorales profundos Imagen tumor específica
Nanocables	Cribado a gran escala Detección de biomarcadores Detección de mutaciones, SNPs Perfiles de expresión
Puntos cuánticos	Detección óptica de genes y proteínas en modelos animales y ensayos celulares Visualización de los ganglios linfáticos y tumorales



# Material y Métodos

La metodología de este informe se basa en:

- Consulta a expertos hispanohablantes del ámbito de la nanomedicina para identificar usos actuales y futuros de la nanotecnología en el campo de la medicina.
- Estudio bibliométrico basado en una búsqueda no sistemática de la literatura en bases prefijadas.

## Consulta a expertos

Con objeto de identificar las aplicaciones actuales y a corto-medio plazo (1-5 años) de la nanomedicina, se pasó una encuesta a expertos en el tema. Para identificar a aquellas personas expertas en el tema se realizó:

- En un primer lugar, se llevó a cabo una búsqueda en MEDLINE para localizar a expertos nacionales en nanomedicina. Para ello, se usó la estrategia de búsqueda: (*nanomedicine or nanotechnology and Spain in AD*), no obteniéndose ningún documento.
- No obstante, gracias a una búsqueda en Internet localizamos la Plataforma Española de Nanomedicina (<http://www.nanomedspain.net/>). Dentro de esta iniciativa encontramos distintos participantes: empresas, centros de investigación, centros tecnológicos, hospitales y observadores. Sus direcciones de correo electrónico se localizaron gracias a una búsqueda en Internet. A cada experto se le envió un correo electrónico con un enlace a la aplicación basada en Web para encuestas en-línea SurveyMonkey (<http://www.surveymonkey.com>) donde se encontraba un cuestionario estándar con preguntas cerradas y abiertas, además de dejar un espacio abierto para expresar opiniones sobre cualquier tema considerado de interés. Se consideró nula la respuesta cuando tras tres correos no contestaban el cuestionario. En ningún caso, se supo la identidad del encuestado.

El cuestionario constaba de seis apartados (ver Anexo 1). Los dos primeros hacían referencia al uso actual de la nanomedicina en ámbitos sanitarios asistenciales (excluida la investigación). El tercero y cuarto hacían alusión a las aplicaciones potenciales de la nanomedicina en dichos ámbitos (introducción a corto-medio plazo). El quinto apartado era opcional y en él se preguntaba si se conocía a alguna persona relevante en base a su trayectoria y dedicación profesional en el campo de la nanomedicina en el ámbito

nacional. Con esta estrategia “en bola de nieve”, se pretendió maximizar la probabilidad de localizar a los profesionales más destacados en el ámbito de la nanomedicina en España. El sexto y último apartado era igualmente opcional y en él se podía expresar, en texto libre, algún aspecto o información adicional si así se estimaba oportuno.

Las respuestas obtenidas fueron analizadas automáticamente por la aplicación SurveyMonkey.

## Estudio bibliométrico

La búsqueda se centró en localizar informes de evaluación, revisiones sistemáticas, ensayos clínicos aleatorizados, estudios de cohortes, series de casos y estudios de pruebas diagnósticas que describan los resultados del sistema (nanomedicina) ya implantados. Su objetivo era identificar las aplicaciones de los diferentes dispositivos nanotecnológicos en el diagnóstico, tratamiento, prevención y conocimiento de las enfermedades.

Se diseñaron estrategias de búsquedas para las siguientes bases referenciales, que fueron consultadas sin límite de fecha hasta febrero de 2008: MedLine (PubMed), Embase, Current and Contents y el Índice Médico Español (IME) completada con Dialnet.

# Resultados

## Consulta a expertos

Se enviaron 46 correos electrónicos con nuestro formulario a representantes de instituciones o empresas que participan en la Plataforma Española de Nanomedicina. A través de ellos, surgieron 14 especialistas más, pero en dos casos no pudo localizarse su dirección de contacto o correo electrónico. Del grupo final de 58, respondieron 10 (17%).

El 60% de las personas que contestaron la encuesta afirmaron conocer alguna aplicación de la nanomedicina en el manejo asistencial de alguna enfermedad. El 100% de ellos dijeron conocer algún tipo de nanodispositivo involucrado en el manejo asistencial del cáncer o la diabetes, siendo los usos principales el tratamiento y diagnóstico. Sólo un 50% y un 33,3% de los expertos consultados dijeron conocer hospitales españoles y extranjeros, respectivamente, que usaran nanotecnología. (Tabla 3).

**Tabla 3. Aplicaciones de la nanomedicina en el manejo asistencial de alguna enfermedad**

Nanodispositivos (100%)	Prueba o enfermedades relacionadas (83,3%)	Tipo de uso (100%)	Centros españoles (50%)	Centros extranjeros (33,3%)
Nanopartículas de oro	Test de embarazo	Diagnóstico	Farmacias	Farmacias
Liposomas que contienen antitumorales	Cáncer	Terapia	Hospitales	Hospitales
Doxil, Dauxome, Todas las proteínas Peyladas, Abraxane	Cáncer	Terapia	Autoanálisis por los pacientes	
Ferrofluido	Resonancia magnética (MRI)	Diagnóstico (agente de contraste)		
Biosensores	Diabetes	Monitorización		
Albúmina para diagnóstico "in vivo"		Biosensores para inmunodetección		

El tanto por ciento de los encuestados que rellenaron ese apartado aparece entre paréntesis

Con respecto a las aplicaciones potenciales de próxima introducción, en un corto-medio plazo (1-5 años), en ámbitos clínicos asistenciales, el 80% de los encuestados dijeron conocerlas, especificando (Tabla 4)

Los dendrímeros, sistemas liberadores de fármacos, biosensores, Xyotax, ferrofluidos, chips son algunos de los nanodispositivos de implantación a corto-medio plazo que identificaron los expertos consultados. En cuanto a las enfermedades en las que se aplicarían estas tecnologías, las respuestas citaban nuevamente entidades concretas, como cáncer y diabetes, y como usos terapia y diagnóstico. Asimismo, un experto identificó el uso de los dendrímeros en síndrome de inmunodeficiencia adquirida como parte de pruebas de prevención. Más de la mitad de los encuestados identificaron centros españoles y extranjeros donde se aplicaban estos nanosistemas. En relación al plazo en el que opinaban que podrían introducirse en medios clínicos asistenciales dichas técnicas, todos los expertos que respondieron estuvieron de acuerdo en que la aplicabilidad de la técnica no estaría disponible en un periodo de tiempo inferior a un año. Los plazos sugeridos en las respuestas estuvieron entre 1 y 5 años.

**Tabla 4. Aplicaciones de la nanomedicina en el manejo asistencial de alguna enfermedad a corto-medio plazo (1-5 años)**

Nanodispositivos (87,5%)	Prueba o enfermedades relacionadas (85,7%)	Tipo de uso (100%)	Centros españoles (62,5%)	Centros extranjeros (62,5%)
Dendrimeros	Virus de la inmunodeficiencia humana	Prevención	Hospital General Universitario Gregorio Marañón	Starpharma, Australia
Nanopartículas, sistemas de liberación de fármacos, fármacos basados en células madre, biosensores	Detección de diversos tipos de cáncer, enfermedades huérfanas	Diagnóstico Terapia	INA, Cellerix, Univ. Santiago, Sensia, CIN2, CNM	Varios*
Sensores para la detección de glucosa o patógenos	Diabetes, enfermedades infecciosas	Diagnóstico Monitorización	Centros de Barcelona y Madrid	Varios*
Xyotax	Anticancerígeno	Terapia	ATOS Origin	Alemania
Ferrofluido	Hipertermia, algunos tumores	Terapia	Reina Sofía, Córdoba	CEA-LETI, Universidad de Munster
Lab-on-chip	Cáncer de páncreas	Diagnóstico (biosensores)		
	Cáncer	Diagnóstico		
		Diagnóstico Tratamiento		

El plazo estimado de implantación (87,5%) varió entre más de 5 años, 5 años, 3-5 años, 3 años y 1 año

El tanto por ciento de los encuestados que rellenaron ese apartado aparece entre paréntesis

\*No se especificaron los nombres de los centros

CEA-LETI: electronics and information technology laboratory of the French Atomic Energy Commission

CIN2: Centro de Investigación en nanociencia y nanotecnología

CNM: Centro Nacional de Microelectrónica

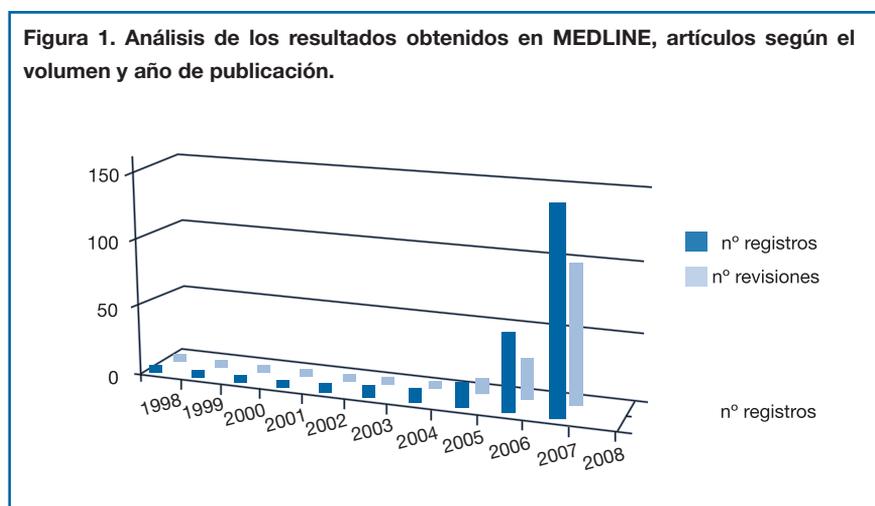
INA: Instituto de nanociencia de Aragón

## Estudio bibliométrico

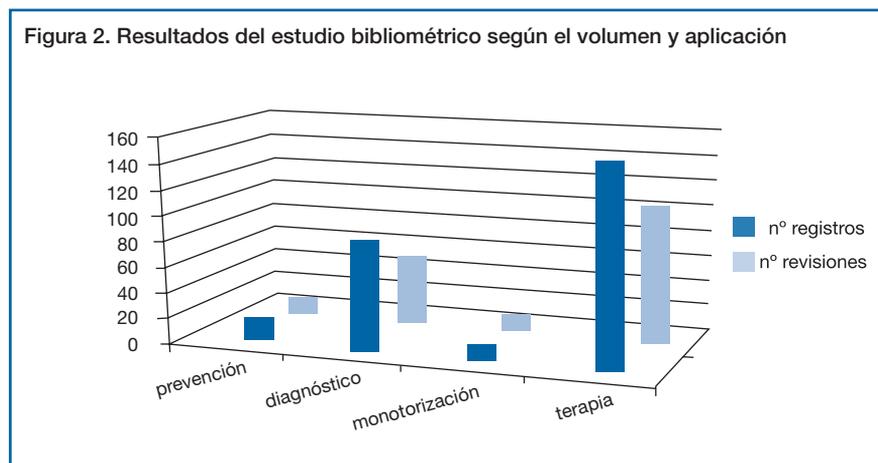
En la base de datos MedLine, Embase, Current and Contents se utilizaron dos estrategias, que posteriormente se combinaron con el operador AND. La primera utilizó el término *nanomedicine* y la segunda HUMANS para limitar los estudios realizados en humanos. De este modo, la estrategia de búsqueda (*TG HUMANS*) AND (*nanomedicine*) localizó 229, 375 y 49 registros respectivamente, de los cuales 148 (97 revisiones narrativas), 212 (96 revisiones narrativas) y 23 (5 revisiones narrativas) fueron publicados desde 2007 hasta la fecha (18/02/2008). A partir de los artículos hallados en la búsqueda, se puede observar el interés y desarrollo que está suscitando la nanomedicina en los últimos años, aunque proliferan más el número de revisiones que artículos originales.

Para la base de datos MedLine (229 registros), se realizó un exhaustivo estudio bibliométrico (Figura 2). Los 229 registros localizados se distribuían en el tiempo de la forma siguiente: año 2008: 3 trabajos (0 revisiones), año 2007: 145 trabajos (97 revisiones), año 2006: 56 trabajos (27 revisiones), año 2005: 15 trabajos (9 revisiones), año 2004: 3 trabajos (2 revisiones), año 2003: 3 trabajos (1 revisiones), año 2002: 2 trabajos (0 revisiones), año 2001: 0 trabajos, año 2000: 2 trabajos (1 revisión), año 1999 y 1998: 0 trabajos.

Aunque el término nanotecnología se introdujo en 1974, no aparecieron artículos relacionados con la nanomedicina hasta el 2000. No obstante, estudios indexados como ensayos clínicos no se han publicado aún.



Atendiendo a las posibles aplicaciones de la nanomedicina, prevención, diagnóstico y tratamiento, combinamos los términos de búsqueda (TG HUMANS) AND *nanomedicine* AND *prevention/diagnosis/monitoring / therapy*. Se encontraron 10, 80, 9 y 150 publicaciones (7, 50, 7, 101 revisiones narrativas), relacionados con la prevención, el diagnóstico, la monitorización y la terapia, respectivamente.



Finalmente, tras la lectura de los *abstracts*, identificamos áreas de conocimiento más concretas y precisas. Para ponerlas de manifiesto realizamos las siguientes búsquedas:

(TG HUMANS) AND *nanomedicine* AND *drugs*: 89 registros (70 revisiones).

(TG HUMANS) AND *nanomedicine* AND *cancer*: 68 registros (45 revisiones).

(TG HUMANS) AND *nanomedicine* AND *cancer not drugs* : 31 registros (17 revisiones).

Estos resultados ponen de manifiesto el uso de la nanomedicina en el desarrollo de nuevos fármacos y, más concretamente, en el desarrollo de fármacos antitumorales.



# Discusión

El desarrollo de la nanomedicina y su aplicación al diagnóstico, tratamiento, prevención y conocimiento de las enfermedades a nivel molecular ha provocado una auténtica revolución científica, aunque sus beneficios no parecen llegar de forma inmediata.

Para valorar los usos actuales de la nanomedicina y el impacto de los mismos en el Sistema Sanitario utilizamos una consulta a expertos y un estudio bibliométrico que no pudieron ser comparados con otros estudios, al no haber encontrado en la literatura ningún trabajo basado en la consulta a expertos sobre los usos actuales y futuros de la nanomedicina. La consulta a expertos podría presentar algunas limitaciones en la identificación del uso actual de la nanomedicina debido, entre otras razones, al bajo índice de respuesta. No obstante, teniendo en cuenta que se trata de personas que conocen el tema en profundidad y la homogeneidad de sus respuestas en la pregunta sobre uso actual, que coinciden con los temas de investigación más frecuentemente observados en el estudio bibliométrico, parece claro que, de haber otro tipo de utilización en la práctica clínica, sería anecdótico.

Este estudio pone de manifiesto, en primer lugar, que actualmente la utilización de los nanodispositivos en la práctica clínica se centra en el manejo del cáncer y la diabetes. Por otra parte, las opiniones de los expertos en nanomedicina que han sido consultados fueron coincidentes cuando se trataba de la actual y posible aplicación a corto-medio plazo. Las respuestas de los expertos consultados y los resultados del estudio bibliométrico hacen suponer que la nanomedicina tiene actualmente su aplicación principal en el desarrollo de nuevos fármacos, reactivos de imagen y en investigación. Por otra parte, las opiniones de los expertos en nanomedicina que se han consultado no fueron coincidentes cuando se trataba de la posible aplicación a corto-medio plazo de esta tecnología.

Sólo un 60% dijo conocer alguna aplicación actual de la nanomedicina en el manejo asistencial de alguna enfermedad. Sin embargo, un 80% sabía de la existencia de alguna aplicación de la nanomedicina que actualmente se utilice en el manejo asistencial pero que esté en una fase de investigación aplicada suficientemente avanzada como para prever que se utilizará en un corto plazo de tiempo (1-5 años) aunque hubo división de opiniones: un 25% opinó que se introducirían en un 1 año, otro 25% en cinco años y un 12,5% en más de 5 años. En cuanto a enfermedades concretas de aplicación actual y corto-medio plazo, el 57% de los expertos que contestaron este apartado citaron el cáncer. Con toda esta información, parece evidente que

existe un consenso entre los expertos consultados acerca de las posibilidades de la nanomedicina en un futuro próximo.

Desde hace diez años, vienen publicándose numerosos artículos que sugieren la introducción de estas técnicas, sobre todo, en el diagnóstico, tratamiento de ciertas enfermedades, sobre todo las oncológicas. El estudio bibliométrico reveló un crecimiento exponencial de los artículos, poniendo que podría mantenerse en un futuro. La nanomedicina despierta un gran interés, principalmente en el desarrollo de nuevos fármacos anticancerígenos y dispositivos diagnósticos

# Referencias

- (1) Rodos C. Nanotechnology: the size of things to come [Internet]. FDA Consum 2005; 39(6):40-42. URL:[http://permanent.access.gpo.gov/lps1609/www.fda.gov/fdac/features/2005/605\\_nanotechnology.html](http://permanent.access.gpo.gov/lps1609/www.fda.gov/fdac/features/2005/605_nanotechnology.html). [Consultado: 28/06/2010]. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/5qp7QPrc1>)
- (2) Baumgartner W, Jäckli B, Schmithüsen B, Weber F. Nanotechnologie in der Medizin. Berna: TA-SWISS Centre for Technology Assessment, 2003. TA47/2003.
- (3) Mundy L, Merlin T, Braunack-Mayer A, Hiller JE.. Nanomedicine [Internet]. National Horizon Scanning Unit. Emerging Technology Bulletin 2007 February. [Consultada 15/02/2008] URL: [http://www.horizonscanning.gov.au/internet/horizon/publishing.nsf/Content/AD1C4F0CFAD1A5E4CA2575E8001DC431/\\$File/ETB%20-%20Nanotechnology.pdf](http://www.horizonscanning.gov.au/internet/horizon/publishing.nsf/Content/AD1C4F0CFAD1A5E4CA2575E8001DC431/$File/ETB%20-%20Nanotechnology.pdf)
- (4) National Cancer Institute (NCI). Cancer Nanotechnology. Going small for big advances using nanotechnology to advance cancer diagnosis, prevention and treatment. National Institutes of Health, National Cancer Institute, 2004. Bethesda: NCI. NIH Publication No 04-5489.
- (5) Wolbring G. The Triangle of Enhancement Medicine, Disabled People, and the concept of health: A new challenge for HTA, health research, and health policy. Edmonton: Alberta Heritage Foundation for Medical Research, 2003.
- (6) Freitas RA, Jr. What is nanomedicine? Nanomedicine 2005; 1(1):2-9.
- (7) Health Council of the Netherlands. Health significance of nanotechnologies. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2006; publication no.2006/06E. URL:<http://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/Nanotechnologies%20eng.pdf>. [Consultada 15/02/2008]. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/5rjPIQT7T>)
- (8) Iijima S. Helical microtubes of graphitic carbon. Nature 1991; 354(6348):56-58.
- (9) Vasita R, Katti DS. Nanofibers and their applications in tissue engineering. Int J Nanomedicine 2006; 1(1):15-30.
- (10) Gogotsi Y, Nikitin A, Ye H, Zhou W, Fischer JE, Yi B et al. Nanoporous carbide-derived carbon with tunable pore size. Nat Mater 2003; 2(9):591-594.
- (11) Swan EE, Popat KC, Grimes CA, Desai TA. Fabrication and evaluation of nanoporous alumina membranes for osteoblast culture. J Biomed Mater Res A 2005; 72(3):288-295.

(12) Kohli P, Martin CR. Smart nanotubes for biotechnology. *Curr Pharm Biotechnol* 2005; 6(1):35-47.

(13) Alivisatos P. The use of nanocrystals in biological detection. *Nat Biotechnol* 2004; 22(1):47-52.

(14) Medical Advisory Secretariat. Nanotechnology: an evidence-based analysis. Ontario Health Technology Assessment Series 2006; 6(19) [Internet]. URL:[http://www.health.gov.on.ca/english/providers/program/mas/tech/reviews/pdf/rev\\_nano\\_110106.pdf](http://www.health.gov.on.ca/english/providers/program/mas/tech/reviews/pdf/rev_nano_110106.pdf). [Consultada el 28/12/2007]. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/5rkpPSb95>) URL: <https://ozone.scholarsportal.info/bitstream/1873/638/1/269825.pdf>

(15) Euractiv. Commission defines action plan for nanotechnologies. [Internet]. URL:<http://www.euractiv.com/en/science/commission-defines-action-plan-nanotechnologies/article-140902>. [Consultada el 28/12/2007] (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/5rkqEJUWz>)

(16) National Science Foundation. New grants are awarded to inform the public and explore the implications of nanotechnology (Press Release 05-179). [Internet], 2005. URL:[http://www.nsf.gov/news/news\\_summ.jsp?cntn\\_id=104505](http://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=104505). [Consultada el 28/12/2007]. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/5rkqpmGDD>)

(17) NCI Alliance for Nanotechnology in Cancer. Understanding nanotechnology [Internet]. Bethesda: National Cancer Institute URL:<http://nano.cancer.gov/learn/understanding/>. [Consultada el 28/12/2007]. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/5rkwguKLi>)

# Anexo: cuestionario remitido a los especialistas

La Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía agradece de antemano tu colaboración en este informe.

Te presentamos el siguiente cuestionario. Consta de seis preguntas (dos opcionales). Las dos primeras hacen alusión al USO ACTUAL de nanotecnología en ámbitos sanitarios asistenciales (nanomedicina) excluida la investigación. La tercera y cuarta preguntas hacen referencia a la nanomedicina de USO POTENCIAL en dichos ámbitos (introducción a corto-medio plazo).



## Encuesta sobre nanomedicina

Este trabajo de investigación se realiza bajo la dirección técnica de la Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía, con la financiación del Plan de Calidad del Sistema Nacional de Salud del Ministerio de Sanidad y Consumo. La Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía agradece de antemano su colaboración en este informe.

Le presentamos el siguiente cuestionario sobre los usos de la nanomedicina. Consta de cuatro preguntas (y dos más opcionales). Las dos primeras hacen alusión al USO ACTUAL de nanotecnología en ámbitos sanitarios asistenciales (nanomedicina) excluida la investigación. La tercera y cuarta preguntas hacen referencia a la nanomedicina de USO POTENCIAL en dichos ámbitos (introducción a corto-medio plazo).

Cualquier duda puede ser consultada en la siguiente dirección de correo electrónico: [marta.cuadros.ext@juntadeandalucia.es](mailto:marta.cuadros.ext@juntadeandalucia.es)

[Add Question Here](#)

[Edit Question](#)

[Move](#)

[Copy](#)

[Delete](#)

[Add Logic](#)

### 1. ¿Conoce alguna aplicación de la nanomedicina en el manejo asistencial de alguna enfermedad?

Entendiendo por manejo asistencial el uso en la práctica clínica, fuera del contexto de proyectos de investigación. Quedarían excluidos también los usos en investigación aplicada.

Dentro del manejo asistencial, atenderíamos a: prevención, cribado de enfermedades, diagnóstico, incluido monitorización, predicción de riesgo (susceptibilidad), pronóstico, y terapia.

SI

NO

Edit Question	Move	Copy	Delete
---------------	------	------	--------

**4. En caso de haber respondido sí a la pregunta anterior, especificar:**

Nanodispositivo

Prueba y Enfermedad/es relacionada/s

Tipo de uso (prevención, diagnóstico, monitorización, pronóstico, y/o terapia)

Centro/s español/es implicado en la investigación

Centro/s más importantes del extranjero

Plazo estimado de implantación: <1 año, 1-2,9 años, 3-5 años, >5 años

Add Question Here	Split Page Here
-------------------	-----------------

Edit Question	Move	Copy	Delete
---------------	------	------	--------

**5. Estamos realizando nuestra encuesta siguiendo una estrategia en "bola de nieve". Esto nos permite no dejarnos expertos de relevancia fuera de la misma. Para ello, ¿podría citarnos a las 5 personas más relevantes en este campo, nanomedicina, dentro del ámbito nacional?**

<input type="button" value="Edit Question"/> <input type="button" value="Move"/> <input type="button" value="Copy"/> <input type="button" value="Delete"/>	<p><b>4. En caso de haber respondido sí a la pregunta anterior, especificar:</b></p> <p>Nanodispositivo <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Prueba y Enfermedad/es relacionada/s <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Tipo de uso (prevención, diagnóstico, monitorización, pronóstico, y/o terapia) <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Centro/s español/es implicado en la investigación <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Centro/s más importantes del extranjero <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Plazo estimado de implantación: &lt;1 año, 1-2,9 años, 3-5 años, &gt;5 años <input style="width: 100%;" type="text"/></p>
<input type="button" value="Add Question Here"/> <input type="button" value="Split Page Here"/>	
<input type="button" value="Edit Question"/> <input type="button" value="Move"/> <input type="button" value="Copy"/> <input type="button" value="Delete"/>	<p><b>5. Estamos realizando nuestra encuesta siguiendo una estrategia en "bola de nieve". Esto nos permite no dejarnos expertos de relevancia fuera de la misma. Para ello, ¿podría citarnos a las 5 personas más relevantes en este campo, nanomedicina, dentro del ámbito nacional?</b></p> <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%; margin-top: 10px;"></div>

Edit Question

Move

Copy

Delete

**6. En caso de no incluir dentro de las cinco preguntas anteriores algún aspecto o información adicional que crea pueda resultar de interés, por favor, expréselo en este espacio:**





ISBN 978-84-96990-49-4



9 788496 990494

Precio 10€