



## **INVESTIGA I+D+i 2012/2013**

### **GUÍA ESPECÍFICA DE TRABAJO SOBRE "NANO-ROBOTS ¿REALIDAD O CIENCIA-FICCIÓN?"**

**Texto de Pedro Amalio Serena Domingo**

**Octubre de 2012**

#### **Introducción.**

En las tres ediciones pasadas del Programa Investiga IDI (<http://www.programainvestiga.org/>) se ha incluido una línea estratégica dedicada a la nanociencia, nanotecnología y nuevos materiales, en la que se han elegido diferentes temáticas para la realización de los trabajos de los alumnos participantes: la nanotecnología en general, la nanotecnología para los deportes y la nanotecnología que se utiliza en agricultura y en la industria de la alimentación. Este documento propone ahora un nuevo aspecto de la nanotecnología que completa las temáticas que se han tratado en las anteriores ediciones. Como ya se verá un poco más adelante la temática de la nanotecnología es muy amplia y variada. El tema elegido "Nano-robots: ¿realidad o ciencia ficción?" tiene como finalidad que el alumno penetre en el fascinante mundo de la nanotecnología identificando de qué se trata, sus enormes beneficios, sus posibles riesgos y cómo minimizarlos, las muchas aplicaciones ya existentes, y despierte un espíritu crítico ante este nuevo paradigma científico-técnico. En definitiva, se trata de entender que estamos delante de un campo emergente y revolucionario que está considerado como una de las líneas claves en la investigación actual.

En la siguiente sección se hace un breve repaso de los aspectos fundamentales que definen la nanotecnología. La tercera sección de este documento contiene una breve descripción del tema planteado en esta edición del Programa Investiga IDI. La cuarta sección nos plantea algunos temas interesantes que pueden ser debatidos en el aula y en el Foro abierto del Programa Investiga IDI para ser desarrollados con más profundidad en los trabajos que los alumnos desarrollen. Para terminar se proporcionan un conjunto de referencias que servirán de pista inicial para iniciar el trabajo de documentación previo al

desarrollo del informe definitivo. Los trabajos que se presenten deberán inspirarse en los contenidos que aquí se usando las referencias que se mencionan al final de este documento como punto de partida del que sale un camino que pronto se complicará pero que los estudiantes seguramente recorrerán con mucho interés y éxito.

### **Los aspectos claves de la nanotecnología.**

La nanotecnología no es algo nuevo ya que lleva fraguándose en los laboratorios de muchos países durante más de cuarenta años. Sin embargo ha sido en los últimos 15 años cuando ha experimentado un espectacular auge cuando los dirigentes de países, instituciones y empresas han detectado sus enormes posibilidades para convertir conocimientos básicos (los que surgen de la "nanociencia") en materiales, herramientas y procesos novedosos (la "nanotecnología") con los que mejorar los bienes y productos actuales o proponer unos totalmente nuevos. En la actualidad los países más avanzados tienen sus ojos puestos en estas enormes posibilidades por lo que están realizando grandes inversiones para poner en marcha nuevos laboratorios y formar científicos e ingenieros expertos en estas temáticas.

La nanociencia y la nanotecnología engloban aquellos conocimientos y técnicas que el ser humano está desarrollando con el fin de observar, caracterizar, entender, predecir y utilizar las propiedades de materiales y estructuras de tamaño nanométrico. Recordemos que un nanómetro (1 nm) es la mil millonésima parte de un metro, una longitud realmente muy pequeña en la que tan solo podríamos alinear unos pocos átomos. Estas disciplinas tienen como escenario la nanoescala (o nanomundo), que se puede definir como el intervalo de longitudes comprendido aproximadamente entre 1 nm y unos pocos cientos de nanómetros. En el caso de la nanociencia, podemos hablar de generar un conocimiento básico o fundamental acerca de dicho nanomundo, mientras que la nanotecnología se orienta hacia la aplicación de todo ese conocimiento básico. Por lo general es el término "nanotecnología" el que se emplea con mayor profusión y el que más ha impactado en los medios de comunicación (prensa, internet, etc).

El nanomundo está poblado por "nanoobjetos" y "nanoestructuras" que manifiestan interesantes fenómenos que no se pondría de manifiesto si su tamaño fuese mucho mayor. Precisamente por eso se dice que lo "nano" es diferente. Dado que los átomos de superficie se comportan de forma diferente a los que están en el interior del objeto, es fácil entender cómo a medida que una estructura se hace más y más pequeña la fracción relativa de átomos ubicados en su superficie aumenta, confiriéndole propiedades diferentes.

Además, a medida que el tamaño de los objetos se hace más y más pequeño, hay que tener en cuenta la aparición de otros fenómenos que sólo la intrigante Mecánica Cuántica puede explicar. ¡No nos alarmemos! Hasta llegar al Bachillerato o la Universidad los participantes en el Programa Investiga IDI no van a recibir nociones de esta apasionante disciplina, pero ahora nos basta con saber que hay efectos “cuánticos” que proporcionan interesantes propiedades a los nanoobjetos. Por ejemplo, los efectos cuánticos hacen que los electrones que hay en un sistema sólo puedan tener ciertas energías a medida que dicho sistema se hace pequeño y que estas energías sean diferentes para cada tamaño. Como consecuencia muchas propiedades eléctricas, magnéticas u ópticas también cambian a medida que cambia el tamaño.

El objetivo último de la nanotecnología es controlar, mediante metodologías físicas y químicas, la forma, tamaño y orden de los nanoobjetos y nanoestructuras para modificar a voluntad sus propiedades. Por ejemplo, controlando el tamaño y forma de los nanoobjetos se puede modificar su conductividad eléctrica, su color, su reactividad química, su elasticidad, etc. ¡De esta manera podemos controlar las propiedades de muchos materiales! Se dice que podemos fabricar “materiales a medida” o que podemos “sintonizar” las propiedades de los materiales a nuestra voluntad. Este control de la materia se está mejorando continuamente gracias a poderosas herramientas físicas y reacciones químicas, y a sofisticados instrumentos que nos permiten observar el nanomundo. Entre estos instrumentos podemos destacar los nuevos microscopios electrónicos de transmisión, el microscopio de efecto túnel (STM), el microscopio de fuerzas atómicas (AFM) o los poderosos microscopios electrónicos de última generación. Estas herramientas permiten la observación e incluso, en algunos casos, la manipulación directa de átomos y moléculas.

La nanotecnología evoluciona imparablemente mediante la fusión de las ideas y propuestas de biólogos, químicos, físicos, ingenieros y médicos. Esto es así porque los componentes de la materia, átomos y moléculas, son los mismos para todas estas especialidades científicas. En la nanoescala todos hablamos de lo mismo: átomos y moléculas. A dicha fusión de disciplinas se le denomina “convergencia tecnológica”. Por lo tanto nos encontramos ante una disciplina realmente multidisciplinar donde confluyen estrategias que nos van a permitir diseñar, sintetizar y fabricar materiales y dispositivos con propiedades mejoradas o completamente nuevas en diferentes áreas de aplicación. Por cierto, la biología juega un papel clave dentro de la nanotecnología, ya que la vida en sí misma es nanotecnología pura. No hace falta más que observar el interior de una célula para darse cuenta que realiza todas sus funciones gracias a “máquinas nanométricas”, que funcionan a la perfección gracias a

larguísimo proceso evolutivo. Además, la biología nos presenta ante nuestros ojos un gran arsenal de soluciones y estrategias que nos permiten resolver problemas concretos. Por ejemplo, sabiendo que una salamandra se adhiere a la pared gracias a la presencia de nanoestructuras en sus dedos, es posible diseñar nuevos adhesivos. Otro ejemplo lo encontramos en las nanoestructuras que repelen el agua (hidrófobas) que hay en una hoja de loto permitiéndole sobrevivir en el agua sin pudrirse. Este conocimiento nos permite idear materiales y tejidos que no se mojan y que se usan en cristales, superficies de vehículos, paraguas, prendas de vestir, etc.

Los productos concebidos a partir de la nanotecnología están invadiendo poco a poco la totalidad de los sectores económicos: materiales, electrónica, informática y comunicaciones, energía y medioambiente, transporte, construcción, sector textil, biotecnología, salud, agricultura, alimentación, etc. En los laboratorios ya se ensayan pequeñas moléculas capaces de convertirse en interruptores de corriente o en minúsculas memorias, nanotubos de carbono con formidables prestaciones mecánicas, láminas de grafeno con las que fabricar los procesadores del futuro, nanopartículas de diversas sustancias que se incorporarán en otros materiales como refuerzo o con fines bactericidas, nanohilos y puntos cuánticos que servirán de marcadores biológicos o aumentarán el rendimiento de las células solares, liposomas y dendritas capaces de liberar fármacos o nutrientes de manera controlada, materiales nanoporosos de utilidad en el filtrado de agua o almacenamiento de hidrógeno, materiales nanoestructurados que permiten conferir nuevos sabores a productos, recubrimientos ultrarresistentes de espesor nanométricos, pintalabios y cremas protectoras con nanopartículas que bloquean la radiación ultravioleta, etc.

No cabe duda, más pronto que tarde nos vamos a encontrar con multitud de "nanoproductos" en nuestras casas y oficinas. Gracias a su carácter transversal y a la variedad de aplicaciones que van a hacerse realidad en el futuro, la nanotecnología suscita un gran interés en muchos segmentos de la sociedad (políticos, empresarios y ciudadanos), lo que justifica que se estén haciendo inversiones gigantescas en nuevos centros de investigación dedicados a desarrollar esta rama científico-técnica. No cabe duda, el futuro será "nano".

### **Los nano-robots.**

La ciencia-ficción, ya sea a través de la literatura o de las películas, ha recurrido en varias ocasiones a la nanotecnología como el conocimiento que hay detrás de sofisticadas prendas de vestir, impresionantes medios de espionaje y comunicación o peligrosos nano-robots capaces de destruir de forma selectiva objetivos concretos. Es evidente que, sin laboratorios ni

científicos de por medio, todo es posible. Películas como "The Hulk", "Spiderman", "Parque Jurásico", "Inteligencia artificial", "Yo Robot", "Minority Report", "Spy Kids", "Prey", "Super agente Cody Banks", "Terminator 3" o "The Tuxedo", series de televisión como "Jake 2.0" o juegos on-line como "OGAME" han acercado la nanotecnología a la sociedad y han reflejado sus aspectos positivos y negativos, pero siempre fascinantes.

Sin embargo, estas películas y series tienen como antecedente la película "Viaje Alucinante" dirigida por Richard Fleischer en 1966, cuando todavía el término nanotecnología ni siquiera había sido acuñado. En este largometraje, un submarino con un grupo de expertos en su interior son miniaturizados a escala nanométrica con el fin de internarse en el cuerpo de un científico y destruir un coágulo formado en su cerebro. Esta película fue visionaria, aunque los nano-fármacos que se desarrollarán en el futuro no necesitarán ser pilotados por humanos miniaturizados lo cual no deja de ser un alivio! Con anterioridad, en 1957 el cineasta J. Arnold dirigió el largometraje titulado "El increíble hombre menguante", en cuyo final apoteósico el protagonista pasea por el micro- y el nanomundo antes de seguir su periplo hacia lo infinitamente pequeño. Se podrían poner muchos ejemplos. Lo "nano" es fascinante ahora pero ya era fascinante hace muchos años.

Una de las visiones más futuristas de la nanotecnología propone un futuro en el que los seres humanos podríamos vivir en un entorno plagado por multitud de diferentes tipos de nanodispositivos (que podemos llamar "nano-robots" o "nanobots") que podrían realizar miles de funciones diferentes: ayudarnos a fabricar microchips u otros pequeños dispositivos, eliminar contaminantes o bacterias del aire, trabajar en entornos peligrosos como reactores nucleares, restaurar tejidos vitales de forma más rápida que nuestros propios mecanismos naturales, detectar y reparar anomalías genéticas, eliminar tumores en sus primeras fases de formación.

Aunque los nano-robots podrán aplicarse a diversos sectores económicos, si nos centramos, a modo de ejemplo, en el uso de estos nano-robots en medicina podemos anticipar que los humanos sortearíamos mejor las lesiones, las enfermedades y el deterioro propio del envejecimiento con el consiguiente aumento de la calidad y esperanza de vida. Pero ello, a su vez, puede ocasionar enormes problemas sociales ya que si nuestra esperanza de vida crece, los sistemas sanitarios no podrán soportar los niveles asistenciales de una población tan envejecida. Por otro lado, dicho aumento de la esperanza de vida puede tener devastadoras consecuencias ecológicas debido a la creciente necesidad de agua potable, alimentos, y recursos energéticos. Otro problema puede ponerse de manifiesto cuando estas nuevas tecnologías sólo sean accesibles a los habitantes de los países más ricos, incrementando más las

desigualdades entre los pobres y ricos de este planeta. También hay quien propone escenarios muy catastróficos en los que los nano-robots llegan a convertirse en una plaga incontrolable que finalmente destruya a la humanidad, llegando a una situación parecida a la que propone la película "Matrix": el dominio de las maquinas sobre el ser humano. Sin duda el tema es polémico.

Como ocurre con casi todas las tecnologías, nos enfrentamos a los dos lados de la moneda: detrás de los beneficios de las tecnologías pueden esconderse ciertos riesgos que hay que conocer y valorar para anticipar sus efectos y, actuando con cautela, evitar o minimizar su impacto. La nanotecnología no es una excepción. Sin embargo con el tema de los nano-robots las discusiones sobre si su impacto es positivo o negativo, sobre sus ventajas y sus riesgos, han comenzado mucho antes de que realmente los tengamos a nuestra disposición. Los sofisticados nano-robots que aparecen en las películas o en muchos videos en internet, aunque figuren en los objetivos de algunos laboratorios de investigación, no existen más que en el cine, los comics o las novelas por el momento.

En la actualidad en los laboratorios se están diseñando y fabricando lo que podríamos llamar nano-robots "prehistóricos" o "antecedentes de los nano-robots". Se trata de pequeñas estructuras capaces de realizar unas pocas funciones, muchas menos de las que un virus, por ejemplo, puede llevar a cabo. En algunos casos estos nano-robots incipientes no son más que nanopartículas recubiertas de unas sustancias que permiten reconocer una determinada proteína de una célula tumoral para adherirse a la misma, de forma que detectando las nanopartículas podemos detectar el tumor. Un buen ejemplo de lo que nos gustaría que fuesen los nano-robots del futuro son los virus, a los que podríamos llamar "nano-robots de la naturaleza", pues son capaces de realizar decenas de funciones biológicas que lamentablemente tienen como consecuencia muchas enfermedades. Los virus son auténticas nano-máquinas o nano-robots. Por ahora no somos capaces de realizar nano-robots de una complejidad similar a la de los virus, pero todo llegará. Por poner una comparación, los nano-robots que esperamos hacer serían equivalentes a un sofisticado avión de combate, pero por ahora sólo sabemos volar una cometa de papel. ¡Nos queda mucho camino por delante! Seguramente existen muchas posibles aplicaciones para los nano-robot, pero casi todas están pendientes de que nuevos investigadores, con nuevas ideas las desarrollen y las pongan en práctica. Quizás alguno joven investigador del Programa Investiga IDI esté en ese grupo de diseñadores de nano-robots del futuro.

## **Posibles tema para reflexionar, debatir y desarrollar en los trabajos.**

El tema de los nano-robots es llamativo y provocador y, por lo tanto, es un tema de debate en internet, en las redes sociales. Hay centenares de miles de páginas webs que tienen información sobre "nanorobots" o "nanobots". Sin embargo se trata de saber qué hay de cierto detrás de tantas propuestas y de tantas imágenes y películas espectaculares. Los trabajos que se presenten deben reflexionar, debatir, indagar sobre los siguientes aspectos (y otros que pasen por la mente de los participantes):

- ¿Qué entendemos por un robot? ¿Qué sería un nano-robot?
- ¿En qué películas, series, comics o novelas se habla de nano-robots?
- Dichos nano-robots de la ficción ¿son beneficiosos o perjudiciales?
- ¿Existen actualmente nano-robots cómo los que se ven en películas o comics? ¿En ocasiones se bautiza a ciertos objetos como nano-robots pero en realidad no lo son?
- ¿Existen prototipos de nano-robots o de "nanoobjetos" capaces de realizar algunas funciones determinadas?
- ¿Qué es una nanopartícula funcionalizada o un nanoobjeto funcionalizado? ¿Cuántas funciones pueden llevar a cabo?
- ¿Se puede considerar que estas nanopartículas funcionalizadas son unos nano-robots un tanto anticuados? ¿Qué les falta para ser auténticos nano-robots?
- Los nano-robots del futuro ¿a qué se parecerán más? ¿a un virus o a un pequeño submarino? ¿Hay otros ejemplos en la naturaleza que permitan inspirarnos para fabricar nano-robots?
- ¿En qué sectores de aplicación van a ser interesantes las nanopartículas funcionalizadas y los nano-robots? ¿en fabricación de chips? ¿en medicina? ¿en defensa? ¿en seguridad?
- En un futuro ¿qué problemas pueden tener las nanopartículas o los nano-robots? ¿podrán rebelarse? ¿podrán acumularse en el medioambiente y ser tóxicos? ¿servirán para que nos espíen sin darnos cuenta? ¿cómo podremos evitar estos aspectos negativos?
- ¿Crees que un día puede haber nano-robots espía o nano-robots dedicados a la destrucción selectiva?

Una selección de las anteriores preguntas (y de otras muchas que podrían incluirse) pueden ser la base para una buena reflexión sobre los nano-robots y la elaboración de un interesante trabajo.

## **Referencias y materiales de apoyo**

Antes de pasar a enumerar algunas referencias de posible utilidad, hay que mencionar que en la actualidad un buscador en internet como Google, encuentra más de 25.000.000 de links a páginas que contienen la palabra nanotechnology y "solamente" 3.000.000 cuando se trata del término en castellano nanotecnología. Esto quiere decir que hay un océano de referencias en el que navegar y que hay que ser cautos en el proceso de seleccionar las fuentes de información, siendo esta fase de gran importancia a la hora de realizar el trabajo de investigación. Las referencias que se dan a continuación son representativas de la temática, pero seguramente, mediante un proceso adecuado de búsqueda se pueden encontrar muchas más, y más adaptadas al contenido de cada trabajo. Las referencias se han agrupado en dos listas, por un lado, unas cuantas referencias introductorias a la nanotecnología en general y por otro, unas referencias a artículos, blogs y documentos sobre los nano-robots.

### **Referencias generales.**

- En la primera edición del Programa Investiga IDI 2009-2010, la Dra. Lydia González Fernández preparó un excelente documento sobre aspectos generales de la nanociencia y la nanotecnología que sigue siendo de utilidad en la actualidad. Se puede descargar del link <http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/Guiananociencia.pdf>
- Las presentaciones realizadas dentro de la misma Línea Estratégica en ediciones pasadas del Programa Investiga se pueden descargarse de las siguientes direcciones:  
<http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/nuevosmaterialesparaeldesporte.ppt>  
y  
<http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/PresentacionNanotecnologia.ppt>
- Ya en el año 1959, el Premio Nobel de Física Richard Feynman anticipó muchos de los conceptos e instrumentos que se manejan actualmente en esta fascinante disciplina. Una transcripción del discurso del Premio Nobel



(1959) Richard Feynman se puede encontrar en la dirección web: <http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/documentos/doc/feynman.pdf>

- El libro "Unidad Didáctica de Nanociencia y Nanotecnología" (J.A. Martín-Gago, E. Casero, C. Briones y P. A. Serena, FECYT, 2008) está disponible de manera gratuita en versión digital en la página web <http://www.fecyt.es> o en la dirección <http://www.oei.es/salactsi/udnano.pdf>
- El libro "¿Qué sabemos de la Nanotecnología?" (P. A. Serena, Editorial La Catarata y el CSIC, Madrid, 2010) es otra introducción a la nanotecnología de nivel intermedio.
- La Unión Europea ha puesto en marcha varias iniciativas relacionadas con la divulgación de la Nanotecnología. Una de las más importantes es NANOYOU, iniciativa de la Unión Europea para la divulgación de la Nanotecnología donde se pueden encontrar con recursos en inglés y en español para el profesorado y los alumnos de educación secundaria (<http://nanoyou.eu/>
- En el artículo "2010-2020: ¿la década del despegue de la nanotecnología española?" (A. Correia y P. A. Serena, Diario El País. Suplemento promocional elaborado por grupo HORO, página 22. Martes 12 de abril de 2011) se muestra cómo se ha desarrollado la nanotecnología en España.
- Existe un inventario de productos de la Nanotecnología (proyecto PEN) en el que ya se mencionan más de un millar de productos con algún tipo de nanocomponente en su interior. El repositorio está en la página web: <http://www.nanotechproject.org/inventories/> (en inglés).
- La belleza del nanomundo puede observarse en la galería de imágenes finalistas del concurso internacional SMPAGE, coorganizado por el CSIC y la Universidad Autónoma de Madrid (<http://www.icmm.csic.es/spmage> ). Estas galerías son de libre uso y pueden usarse para ilustrar trabajos o en clase.
- En España, una gran parte de los grupos de investigación que trabajan en la temática de la nanotecnología se encuentran agrupados en la Red Española de Nanotecnología (NANOSPAIN). Dicha Red posee una página web (<http://www.nanospain.org> ) en la que se pueden encontrar las direcciones de casi 320 grupos de investigación. En la opción "MEMBERS" puedes realizar una búsqueda por temáticas, tipo de institución, y Comunidad Autónoma.

- El diario "El Mundo" tiene una sección completa dedicada a la nanotecnología llena de noticias, artículos y entrevistas. <http://www.elmundo.es/elmundo/nanotecnologia.html>

### **Referencias particulares sobre nano-robots.**

Las siguientes referencias son sólo un ejemplo de las muchas (miles) que hay en internet. Dado que sobre el tema de los nanobots no hay muchos libros especializadas o publicaciones en revistas profesionales, lo que más abunda son referencias a blogs, foros de debate, noticias de prensa, comentarios a noticias, entrevistas, etc. En esta maraña se trata de saber qué referencias son buenas y más o menos veraces, con fundamento científico, frente a otras que son más fantasiosas y, quizás, irrealizables. En la búsqueda de datos y documentos el alumno deberá hacerse su propia idea de la situación actual y futura de los nano-robots. Con estos elementos, críticamente analizados, luego debe preparar su trabajo. ¡Buen viaje y buena suerte!

- Nanorobots, ¿futuro o realidad inmediata?. Christian Jacq. <http://blogs.creamoselfuturo.com/nano-tecnologia/2007/01/16/nanorobots-%C2%BFfuturo-o-realidad-inmediata/>
- Nanobots en la medicina. <http://mdelgadonanobots.blogspot.com.es/>
- Nanobots. [http://www.nanooze.org/spanish/articles/articlesp12\\_nanobots.html](http://www.nanooze.org/spanish/articles/articlesp12_nanobots.html)
- Nanobot, nanorobot, nanite, nanomáquinas <http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/diccionario/nanobot.htm>
- Nanotecnología para la medicina del futuro. <http://www.elmundo.es/elmundo/2012/03/26/nanotecnologia/1332760914.html>
- Un nanorobot de ADN para ordenar a las células cancerosas que se suiciden. [http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/02/16/actualidad/1329395701\\_112071.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/02/16/actualidad/1329395701_112071.html)
- Nanobots: Tecnología Inimaginable. Federico Errobidar. <http://www.abciencia.com.ar/tecnologia/nanobots-tecnologia-inimaginable>

- Los “nanorobots” hacen que la NASA sueñe con una misión tripulada a Marte para 2020. <http://edant.clarin.com/diario/2004/01/12/t-690141.htm>
- “Logran cortar grafeno con precisión con un nanorobot”. Noticia. <http://www.europapress.es/ciencia/noticia-logran-cortar-grafeno-precision-nanorobot-20120528111840.html>