



## **INVESTIGA I+D+i 2011/2012**

### **GUÍA ESPECÍFICA DE TRABAJO SOBRE LA NANOTECNOLOGÍA PARA LA ALIMENTACIÓN Y EL CONSUMO**

**Texto de D. Pedro Amalio Serena**

**Septiembre de 2011**

#### **INTRODUCCIÓN**

En las dos ediciones anteriores, el Programa Investiga IDI (<http://www.programainvestiga.org/>) ha incluido la línea estratégica de nanociencia, nanotecnología y nuevos materiales, tocando diferentes temáticas para la realización de los trabajos de los alumnos participantes. En esta ocasión, se mantiene la misma línea estratégica pero la temática se orienta hacia un tema un tanto sorprendente: la manera en la que la nanotecnología se utiliza en agricultura y la industria de la alimentación. Este documento presenta los aspectos claves que permiten entender como la alimentación y la agricultura están conectadas con los desarrollos de la nanociencia y la nanotecnología que se han desarrollado en los laboratorios de investigación de todo el mundo. Como ya se verá un poco más adelante, en realidad la temática es muy amplia y variada, y los trabajos que se presenten deberán inspirarse en los contenidos que aquí se describen someramente, usando las referencias que se mencionan al final de este documento como punto de partida del que partirá un camino que pronto se complicará pero que los estudiantes recorrerán con éxito.

Este documento tiene la siguiente estructura. En la siguiente sección se hace un breve repaso de lo que es la nanotecnología, mientras que en la segunda sección se da una descripción del tema planteado en esta edición del Programa Investiga IDI. La cuarta sección nos plantea algunos temas interesantes que pueden ser debatidos y desarrollados con profundidad en los diversos trabajos. 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 ASPECTOS CLAVES DE LA NANOTECNOLOGÍA**

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 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 100 nm. En el caso de la nanociencia, podemos hablar de generar un conocimiento básico, fundamental, 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 aparecerían 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 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.

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". 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) o el microscopio de fuerzas atómicas (AFM). Estas herramientas permiten la observación e incluso la manipulación de átomos y moléculas.

La nanotecnología evoluciona imparablemente mediante la fusión de las ideas y propuestas de biólogos, químicos, físicos, ingenieros y médicos. A dicha fusión se le denomina "convergencia tecnológica". Estamos ante un área científica 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. 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, y que le permiten sobrevivir en el agua sin pudrirse. Este conocimiento nos permite idear tejidos que no se mojan y que se usan en numerosas prendas de vestir.

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, 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.

## **LA NANOTECNOLOGÍA LLEGA A NUESTRA MESA**

El título de esta sección pretende mostrar cómo la nanotecnología se emplea no sólo en sectores más o menos evidentes como la fabricación de nuevos materiales o nuevos procesadores, sino que también nos vamos a encontrar “nanoproductos” en otros sectores como la agricultura, la alimentación, o incluso la cosmética. Precisamente el carácter transversal y multidisciplinar de la nanotecnología hace que nos encontremos de bruces con ella en todos los sectores de aplicación. Sin embargo no deja de sorprendernos que la nanotecnología pueda haber llegado ya a muchos de los productos que comemos o los utensilios que se utilizan en nuestras cocinas. ¿Cómo va a afectar la nanotecnología a esos sectores? En varios aspectos que vamos a mencionar en esta sección sin una gran profundidad, pues se espera que precisamente sean los estudiantes los que desarrollen estos temas.

El tema de la alimentación es un tema clave, porque está relacionado con nuestra salud, y porque existe una gran preocupación por la producción de

alimentos debido al imparable aumento de la población y su deseo de acceder a una mayor gama de productos alimenticios. Por cierto, es importante saber que los países desarrollados desperdician el 20-30% de los productos alimenticios según las Naciones Unidas, mientras que la mitad de la población no se alimenta adecuadamente en los países con economías emergentes, cifra que se dispara al 80-90% en el caso de países subdesarrollados. Al igual que ocurre con los temas energéticos y medioambientales nos encontramos ante un grave problema cuya resolución pasa por el aumento de la cantidad y calidad de los alimentos que se producen. Además este incremento de la producción tiene que hacerse en un nuevo contexto, el del cambio climático, que puede tener consecuencias difíciles de predecir. Con todos estos datos en nuestras manos es evidente que la producción, envasado, conservación, transporte y preparación de alimentos es un tema de colosal importancia.

## **MEJORANDO LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA A TRAVÉS DE LA "NANOBIOTECNOLOGÍA"**

Los avances de la nanotecnología van a aportar su granito de arena en la agricultura y la alimentación. Debemos destacar que la nanotecnología tiene una contribución indirecta que procede de la aplicación de la nanotecnología a la biotecnología o a las tecnologías de la información. Por ejemplo, los desarrollos que la nanotecnología aporta a la biotecnología tienen aplicación en la detección y el tratamiento de las enfermedades de vegetales y animales, o en la selección de cultivos más resistentes a ciertas plagas o condiciones medioambientales. Los mismos esquemas de detección de enfermedades que se emplean en los seres humanos pueden emplearse en plantas y animales. La nanotecnología permite el desarrollo de sistemas de diagnóstico sencillos, rápidos y precisos. Estos sistemas podrán determinar múltiples indicadores a partir de pequeñas cantidades de la muestra facilitando así una rápida toma de decisiones. Por "pequeñas cantidades" queremos decir unas cuantas moléculas o células. Muchos de estos análisis se llevarán a cabo usando pequeños biosensores desarrollados mediante técnicas de nanofabricación. Lo más interesante es que podremos unir (integrar) diferentes biosensores específicos en un único dispositivo de tamaño pequeño, de unas pocas décimas de milímetro, permitiendo un buen control de muchos parámetros. De esta forma se puede controlar de manera eficiente el crecimiento de una planta, de un fruto, de un animal, y si se presentan anomalías causadas por enfermedades. Por otro lado existen "microarrays" de ADN (la cadena que contiene la información genética) que nos permiten analizar el código genético de las especies de una forma relativamente rápida y nos permite ir mejorando la selección de especies animales y vegetales. Queda claro que la nanotecnología es de utilidad en la biotecnología (de hecho se habla de "nanobiotecnología") y ésta se aplica continuamente en el ámbito agrícola y ganadero, con el fin de mejorar la producción tanto en calidad como en cantidad.

## **NUEVOS SISTEMAS DE ENVASADO Y CONSERVACIÓN**

Algunos desarrollos de la nanotecnología ya se emplean para la conservación, envasado y empaquetado de alimentos. Por ejemplo, es posible desarrollar

nuevos materiales fabricados a partir de fibras vegetales y nanopartículas de arcilla y nanopartículas de plata. Las nanopartículas de arcilla se incluyen para sellar mejor la estructura del polímero, evitando así la pérdida de agua. Por su parte, las nanopartículas de plata evitan la proliferación de las bacterias que dañan el alimento. De hecho este tipo de nanopartículas ya se emplea en los sistemas de filtrado de aire de algunos frigoríficos. Estos envases permiten que el alimento se mantenga durante más tiempo en óptimas condiciones para su consumo.

Otras aplicaciones de los nanomateriales la encontramos en la fabricación de películas para envolver alimentos. En ese caso se sintetizan materiales "nanohíbridos" a partir de proteínas y arcillas. El resultado es un material transparente y biodegradable. Además de conservar los alimentos estos materiales tienen un menor impacto ambiental al final de su ciclo de vida pues no son contaminantes.

Finalmente, hay que recordar que ya se comercializan utensilios de cocina y recipientes que contienen nanopartículas de plata con propiedades bactericidas. De esta forma se mejora la conservación de los alimentos.

## **MEJORANDO EL PROCESADO DE LOS ALIMENTOS**

Durante la fabricación de productos alimenticios, el procesado de los alimentos de partida es otro campo en el que la nanotecnología está realizando algunas aportaciones. Por ejemplo, mediante membranas nanoporosas (sistemas que tienen muchos agujeros de tamaño nanométrico), se pueden filtrar ciertas sustancias y también se pueden emplear en la preparación de algunas emulsiones. En otros casos, mediante el uso de nanopartículas se pueden modificar las propiedades de harinas, salsas y cremas que se pueden hacer más o menos viscosas a voluntad, para facilitar su mejor manejo y envasado.

## **NUEVOS ALIMENTOS**

En el sector de la farmacia y la cosmética es habitual encapsular fármacos para que éstos hagan su efecto en el lugar correcto o no dañen el aparato digestivo. Las técnicas usadas para encapsular fármacos se basan en el uso de sistemas nanométricos que pueden transportar en su interior las moléculas que actuarán sobre la enfermedad. Pues bien este tipo de "nanocápsulas" también se pueden usar para encapsular ciertos nutrientes que, de esta forma, son liberados en momentos concretos del proceso digestivo evitando su destrucción por la saliva o jugos gástricos. En otras ocasiones el encapsulado de un producto evita su mal sabor en el momento de su ingestión, evitando el rechazo por parte del consumidor.

En otras ocasiones la nanotecnología nos va a permitir utilizar estrategias novedosas con las que controlar los sabores y texturas de los alimentos. Para este fin se utilizan diferentes tipos de nanopartículas (sal, grasa, dióxido de silicio, etc).

## **PRODUCTOS COSMÉTICOS**

Para terminar esta sección mencionaremos que la cosmética ha sido uno de los sectores en los que la nanotecnología se ha desarrollado más rápidamente. Aunque los productos cosméticos tienen una clara finalidad estética y social, no se puede olvidar que dentífricos, protectores solares, y cremas nutritivas o tonificantes, por ejemplo, también ayudan a la prevención de enfermedades o al mantenimiento de un buen estado de salud. La cosmética hace continuo uso de las estrategias que la nanotecnología brinda para liberar productos de manera dosificada, al igual que ocurre con algunos fármacos. De esta manera ya se comercializan dentífricos con nanopartículas de diversos tipos que permiten mejorar la absorción de flúor en nuestros dientes o que refuerza el esmalte dental. Muchas cremas revitalizantes liberan sustancias en nuestra piel mediante nanopartículas porosas. En el ámbito de las cremas protectoras solares, sombras de ojos o lápices pintalabios nos encontramos con una gran proliferación de productos basados en nanopartículas de diverso tipo que permiten bloquear la radiación ultravioleta o dan brillo en las zonas aplicadas.

## **POSIBLES TEMA PARA REFLEXIONAR, DEBATIR Y DESARROLLAR**

El tema de la nanotecnología aplicada a la agricultura, la industria alimentaria o la cosmética da mucho juego y despierta un considerable interés. Se pueden enfocar trabajos hacia una sola temática o pueden ser más ambiciosos, tocando varios temas. Ejemplos de temas que pueden desarrollarse en solitario o combinados entre sí son:

- Biosensores. ¿cómo funcionan y para qué sirven en la industria alimentaria?
- Los micro y nanoarrays de ADN. ¿qué son? ¿para qué sirven? ¿cómo se usan en la investigación y mejora de especies vegetales y en ganadería?
- El uso de nanopartículas en alimentación.
- El uso de nanopartículas en cosmética.
- ¿Cómo funcionan los protectores solares basados en nanopartículas?
- Nanotecnología para conservar alimentos: ¿cómo se pueden fabricar embalajes más resistentes?
- Alimentos inteligentes que liberan nutrientes o fármacos encapsulados de manera controlada.
- Sistemas de purificación de agua basados en nanotecnología.
- La polémica sobre el uso de nanotecnología en la alimentación: pros y contras.
- ¿Qué productos hay ya en el mercado y en los que se ha empleado la nanotecnología para su fabricación?

## **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 20.000.000 de links a páginas que contienen la palabra

nanotechnology y "solamente" 2.000.000 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 el uso de la nanotecnología en alimentación y cosmética. También se han incluido referencias en inglés, el idioma de la ciencia.

## 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/nuevosmaterialesparaeldeporte.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).
- Por cierto, 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.

## **REFERENCIAS PARTICULARES SOBRE NANOTECNOLOGÍA Y ALIMENTACIÓN Y COSMÉTICA**

- Artículo en el diario El País (14/02/2008):  
[http://www.elpais.com/articulo/sociedad/UE/da/via/libre/empleo/nanoparticulas/alimentos/elpepisoc/20080214elpepisoc\\_2/Tes](http://www.elpais.com/articulo/sociedad/UE/da/via/libre/empleo/nanoparticulas/alimentos/elpepisoc/20080214elpepisoc_2/Tes)
- Noticia "Un informe pide investigar la nanotecnología para alimentos" difundida por Reuters (08/01/2010):  
<http://lta.reuters.com/article/worldNews/idLTASIE6070RV20100108>

- Reportaje "Nanoalimentos en su mesa" realizado por I. Bugarin, publicado en BBC Mundo  
[http://www.bbc.co.uk/mundo/ciencia\\_tecnologia/2009/06/090601\\_nano\\_alimentos\\_bruselas.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/ciencia_tecnologia/2009/06/090601_nano_alimentos_bruselas.shtml)
- Artículo "La Nanotecnología en la industria alimentaria" (14/05/2008)  
<http://www.informacionconsumidor.org/Ciencia/ArticuloCiencia/tabid/71/ItemID/64/Default.aspx>
- Artículo en el Blog "Gastronomía&Cia"  
<http://www.gastronomiaycia.com/2008/02/14/nanotecnologia-en-la-alimentacion/>
- Artículo en el Blog "Economía de la Globalización"  
<http://economyglobalizacion.blogspot.com/2006/06/la-nanotecnologia-en-la-alimentacin.html>
- Artículo en el Blog Euroresidentes  
<http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/articulos/nanotecnologia-alimentacion.htm>
- Noticia en el Blog Euroresidentes  
<http://www.euroresidentes.com/Blogs/noticias/2006/02/avances-en-la-calidad-y-seguridad-de.html>
- Link a la página web del proyecto GOODFOOD  
<http://www.goodfood-project.org/>
- Presentación general de Yuri Caldera de la Universidad Central de Venezuela sobre nanotecnología y alimentación disponible en SLIDESHARE:  
<http://www.slideshare.net/calidadyalimentum/nanotecnologia-en-la-alimentacin-y-nutricin-ii>
- Reportaje "La Nanotecnología y sus Aplicaciones en Agricultura y Alimentación" en AlimentariaOnLine.  
[http://www.alimentariaonline.com/desplegar\\_notas.asp?did=597](http://www.alimentariaonline.com/desplegar_notas.asp?did=597)
- Artículo "La nanotecnología y la alimentación" por Guillermo Serrano en el Blog de Ciencia y Tecnología de la Fundación Telefónica.  
<http://blogs.creamoselfuturo.com/nano-tecnologia/2008/04/22/la-nanotecnologia-y-la-alimentacion/>
- Artículo "Nanopartículas en la alimentación" por Cristina Chamorro Poyo.  
<http://blogs.creamoselfuturo.com/nano-tecnologia/2009/05/08/nanoparticulas-en-la-alimentacion/print/>

- Artículo "Ventajas y desventajas de los nanoalimentos" publicado en La Flecha (29/02/2009).  
<http://www.laflecha.net/canales/ciencia/noticias/ventajas-y-desventajas-de-los-nanoalimentos>
- Informe "Nanoalimentos Funcionales. Inversión de Estados Unidos en investigación y desarrollo en el área de Nanoalimentos" por Norberto Barciela.  
<http://www.alimentacion.enfasis.com/adjuntos/24/documentos/000/062/0000062249.pdf>
- Reportaje "NanoAlimentos: El futuro de su Comida" por Gian Carlo Delgado (15/07/08).  
[http://www.ecoportal.net/Temas\\_Especiales/Biodiversidad/NanoAlimentos\\_El\\_futuro\\_de\\_su\\_Comida](http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Biodiversidad/NanoAlimentos_El_futuro_de_su_Comida)