

Nuevas tecnologías en productos para la protección vegetal

## La nanotecnología: oportunidades para el sector fitosanitario

Jesús Purroy (Universitat de Barcelona).

Pocas áreas de la ciencia pueden decir en qué día nacieron. La nanotecnología es una de ellas. Su origen se remonta a una conferencia de Richard Feynman en Caltech el 29 de diciembre de 1959, titulada "Hay mucho sitio al fondo"<sup>1</sup>. El título juega con la costumbre de los asistentes a conferencias de situarse al fondo de la sala y dejar libres las primeras filas. Bajo este título tan intrigante, Feynman planteó con gran detalle y visión de futuro la posibilidad de manipular materiales en la escala atómica, muy por debajo de lo que técnicamente era posible en aquel momento. Predijo que había mucho sitio en el fondo de la materia, mucho potencial para hacer cosas más pequeñas – como imprimir todos los libros del mundo en un puñado de páginas.

El segundo hito de la nanotecnología tardó casi 40 años en llegar, por dos motivos que están relacionados entre ellos. Uno es la dificultad tecnológica: durante muchos años simplemente no existían máquinas capaces de trabajar a esa escala tan pequeña. El otro es la voluntad política de impulsar este sector. A finales de los 90 la Administración de Bill Clinton puso en marcha la National Nanotechnology Initiative, un programa de estímulo para crear el sector desde cero. Mariana Mazzucato explica los detalles en su libro "The Entrepreneurial State", como ejemplo de la toma de riesgos por parte del sector público en un área que, si dependiese de la iniciativa privada, aún no habría nacido<sup>2</sup>.

El resultado es que, a la vuelta del siglo XXI, la nanotecnología empezó a generar todo tipo de resultados, algunos fundamentales y algunos aplicados, y a gran velocidad se ha convertido en un área vibrante de la ciencia, con un potencial difícil de valorar en un momento tan incipiente.

Cabe decir que Barcelona es una ciudad de referencia mundial en la nanotecnología, con varios centros e investigadores de renombre mundial, y que el IQS forma parte destacada de ese *dream team*.

De una forma muy resumida podríamos definir la nanotecnología como la manipulación de materiales en los que, al menos una dimensión, no supera los 100 nanómetros. Estamos hablando de objetos del tamaño de un virus o menos. Una bacteria puede medir unos 1000 nanómetros, o sea que ya sería "demasiado grande" para ser considerada como objeto de estudio de la nanotecnología.

A esta escala los materiales se comportan de maneras diferentes. Un anillo de oro tiene un color y un brillo característicos, pero estas propiedades no se encuentran en un átomo de oro. A escala nanométrica, muchas propiedades del oro o de otros materiales también cambian. Estas propiedades físicas, químicas y biológicas incluyen la dureza, la conductancia, la reactividad, el magnetismo o la capacidad de acumularse en tejidos.

La nanotecnología es, según se mire, química o ingeniería. Una aproximación "de abajo a arriba" parecería un juego de Lego en el que a partir de piezas pequeñas como átomos se construye una estructura con unas características deseadas y controladas. Esto es química, más o menos como la de toda la vida. Nanopartículas como los dendrímeros, con sus ramificaciones a partir de estructuras simples, son el resultado de este proceso. Por otro lado se puede

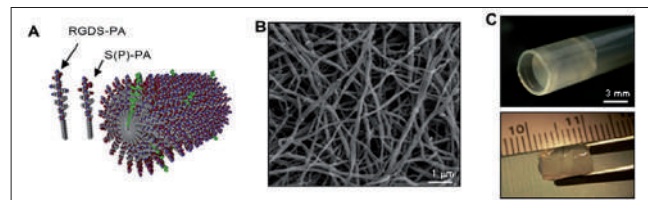


Figura 1. De abajo a arriba. Moléculas simples como péptidos (A) se pueden organizar para crear nanofibras (B) y dar lugar a una matriz bioactiva. Fuente: A. Mata *et al.*, *Biomaterials* 31 (2010): 6004-6012.

dar una aproximación "de arriba a abajo", donde se manipula material ya existente y se obtiene una estructura según diseño previo. La nanolitografía, por ejemplo, permite imprimir en superficies minúsculas. Esto sería más parecido a una actividad de ingeniería.

Por supuesto, la práctica combina ambas aproximaciones. El resultado se está viendo en varios campos, y ya se puede encontrar en las estanterías de los mercados.

### La nanotecnología en el mercado

Hoy se pueden comprar productos de nanotecnología en el sector cosmético, textil, defensa, farmacéutico y electrónico, entre otros.

Un ejemplo que ilustra muy bien la transversalidad de las nanopartículas es Endor Nanotechnologies, una de mis empresas favoritas en el sector. Baza su actividad en una tecnología desarrollada en la UAB, que les permite fabricar nanopartículas metálicas. Su proyecto principal es usar estas nanopartículas como vehículos para fármacos oncológicos, pero también las incluyen en fibras de nylon para ropa de deporte y en productos cosméticos de gama alta.

La encapsulación de principios activos (por ejemplo, en liposomas) o su incorporación a estructuras como los dendrímeros ha abierto muchas posibilidades para los sectores que han incorporado la nanotecnología a su paleta de alternativas para el desarrollo de productos.

### Impacto sobre el sector agro-alimentario y fitosanitario

Existen nanopartículas naturales (por ejemplo, como resultado de la combustión) pero el sector agro-alimentario no las ha incorporado a sus productos

<sup>1</sup> Feynman, R. There is plenty of room at the bottom. 1959. <http://www.its.caltech.edu/~feynman/plenty.html>

<sup>2</sup> Mazzucato, M. *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Myths*. Anthem Press, London, 2013.

de manera espontánea. Esto está cambiando, y va a cambiar aún más. Una revisión reciente sobre las aplicaciones de la nanotecnología en el control de plagas muestra la gran variedad de oportunidades que se le presentan al sector<sup>3</sup>. Entre otras aplicaciones, el uso de nanopartículas puede facilitar la solubilidad de un producto, reducir la cantidad necesaria de principio activo, facilitar su administración controlada o protegerlo contra la degradación prematura.

Existen algunos ejemplos en el mercado, y sin duda las empresas más innovadoras del sector ya están preparando nuevas generaciones de productos basados en nanotecnología. Aún así, falta por ver una aplicación generalizada en las diversas gamas de productos.

## Aspectos regulatorios

Como todas las nuevas tecnologías, esta ha generado preocupaciones entre los profesionales y entre el público general. No ayuda a mejorar la situación la imagen habitual de pequeños robots navegando por las arterias, pero el sector agroalimentario conoce de primera mano lo que puede pasar cuando una tecnología se despliega sin una buena estrategia de comunicación y un buen paraguas regulatorio.

Por esto es muy importante trabajar en ambos frentes: el regulatorio y el de comunicación, con un buen bagaje de datos sobre los dos aspectos principales de estos nuevos productos, su eficacia y su seguridad. La eficacia es más o menos fácil de comprobar porque, en líneas generales, se puede medir de la misma manera que se hace para el resto de productos. La seguridad es otra cuestión, porque nos encontramos delante de unos materiales que, a priori, es bastante posible que den sorpresas respecto a su comportamiento.

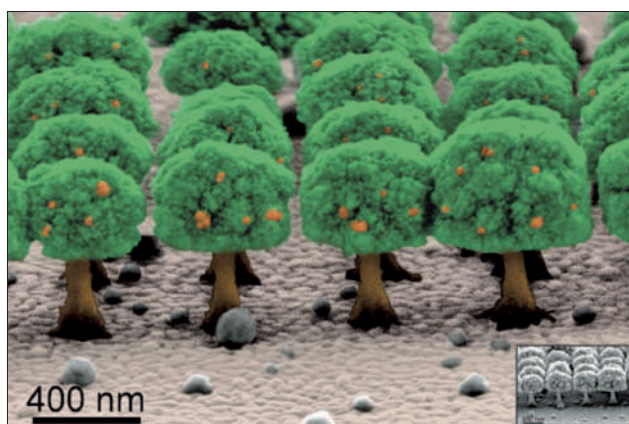
Para ello se está desarrollando el campo de la nanotoxicología, que poco a poco va definiendo las propiedades toxicológicas de cada tipo de nanopartícula<sup>4</sup>.

## Direcciones futuras

El desarrollo de nuevos productos fitosanitarios va a tener que incorporar el parámetro "nanotecnología" en la discusión, porque tecnológicamente es factible y como negocio es rentable. Nadie puede permitirse ignorarlo, como nadie ignora la bioinformática o la genética.

Se abre la posibilidad de explotar algunas propiedades de materiales que hasta ahora no contaban, o de replantearse el uso de productos que habían sido descartados. La mejora de la biodisponibilidad, la posibilidad de minimizar la exposición de organismos no diana a un principio activo o la posibilidad de explotar las propiedades biocidas de materiales no diseñados inicialmente con este fin son líneas de trabajo que vale la pena explorar. Para las grandes empresas del sector es imperativo abrir programas, pero creo que también hay espacio para los jugadores pequeños. La especialización en algún nicho tecnológico (metales, dendrímeros, silicio) o en alguna área de actividad de características específicas puede dar ventajas competitivas a empresas pequeñas.

Tomando como referencia el sector farmacéutico, se puede trabajar en programas de reposicionamiento de productos, para explorar posibles usos alternativos de moléculas o materiales ya conocidos. Al trabajar a escala nanométrica es posible que aparezcan propiedades no deseadas, pero unos pocos resultados positivos serían suficientes para compensar los recursos dedicados a un programa de este tipo.



**Figura 2. NanoHuerto. Nanopilares de CuNi manipulados electroquímicamente. (Imagen cortesía de Materials Research Society Science as Art Competition y Josep Nogues, Institut Catala de Nanociència i Nanotecnologia (ICN2), Spain, y A. Varea, E. Pellicer, S. Suriñach, M.D. Baro, J. Sort, Univ. Autònoma de Barcelona). Fuente: <http://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=35631.php>**

En este momento de progreso tecnológico acelerado la nanotecnología ha madurado lo suficiente para empezar a contribuir de manera notable al desarrollo de mejores productos fitosanitarios. Estoy seguro de que en un futuro muy próximo todo esto lo daremos por hecho.

<sup>3</sup> Kookana, R.S., y colaboradores. Nanopesticides: Guiding Principles for Regulatory Evaluation of Environmental Risks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014. 62: 4227-4240.

<sup>4</sup> Porredon, C, y colaboradores. Basis for the toxicological evaluation of engineered nanomaterials. *Revista de Toxicología*. en prensa.