

Nanociencias y nanotecnologías

Nanosciences and nanotechnologies

Fernando Palacio

Las nanotecnologías constituyen, junto con el amplio paquete de las *bio* y las tecnologías de la información, los ejes sobre los que se están construyendo las estrategias de desarrollo económico del futuro. Estados Unidos y Japón han tomado en este área un claro liderazgo al que pretende sumarse, con retraso, la Unión Europea. En España, defiende el autor, el concepto apenas ha cuajado en forma de política científica.

Nanotechnologies are, together with the *bio*-sciences and information technology, the pivoting axis on which future economic development strategies are based. United States and Japan are clear leaders in this research line, while Europe, from a delayed position, strives to join the group. In the view of the author, nanotechnology is scarcely represented in Spain's scientific policies.

Las nanotecnologías tratan de la tecnología de lo pequeño en grado extremo. Se apoyan en las nanociencias que buscan el conocimiento y comprensión de los fenómenos que ocurren a esas escalas de tamaño y les proporcionan base conceptual para su aplicación. El prefijo *nano*, que en griego significa *pequeño*, se usa en el mundo científico para expresar la mil millonésima parte de una magnitud. Un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro, casi cien mil veces más pequeño que el grosor de un cabello humano y el tamaño de una *nano-Tierra* no excedería el de una canica.

A escala nanométrica el número de átomos que componen una partícula de material (nanopartícula, en la jerga al uso), el grosor de un nanohilo o el espesor de una nanocapa, es pequeño y va desde unos cientos, en el caso de una nanopartícula, a unas cuantas unidades en el caso de una nanocapa. En estas condiciones aparecen propiedades en el material que no se observan en escalas de tamaño superiores. El control de materiales a escala nanométrica abre unas posibilidades de miniaturización sin precedentes, pero requiere también el desarrollo de una tecnología de manipulación de átomos y moléculas muy precisa. Nanotecnología es, pues, un término que engloba una amplia serie de técnicas usadas para modificar, caracterizar y controlar la materia a escala nanométrica.

No resulta difícil hacer un balance de lo que han representado los últimos 25 años de política científica en el avance de la ciencia y la tecnología relacionadas con la preparación de materiales de tamaño nanoscópico y el comportamiento físico o químico de los mismos. A finales de la década de los setenta, por poner una referencia, la terminología *nano* todavía no se había impuesto, ni dentro ni fuera de España. Sin duda se hacían experimentos y había interés en el estudio de materiales y fenómenos físicos a escala submicrométrica, pero su ámbito estaba restringido más a la curiosidad individual que a la colectiva. La percolación de actividades e intereses a escala global no llega hasta la década de los ochenta con la aparición una serie de descubrimientos muy notables que actúan como catalizadores en el desarrollo del área y conducen a la explosión que ha tenido lugar en los últimos diez años.

En 1981, Gerd Binnig y Heinrich Rohrer crean el microscopio de efecto túnel, capaz de «ver» los átomos individuales. Poco después, Robert Curl, Harold Kroto y Richard Smalley descubren la molécula de fulereno, formada por 60 átomos de carbono en una disposición esférica que se asemeja a un balón de fútbol y con un tamaño de aproximadamente un nanómetro. A esta restringida lista cabría añadir el descubrimiento, hecho por Sumio Iijima en 1991, de los nanotubos de carbono. Es también a finales de los setenta cuando se descubre el primer imán molecular y los primeros superconductores orgánicos; y a primeros de los noventa cuando se identifica el primer imán monomolecular y se estudian los efectos de túnel cuántico de *spin* asociados.

La vitalidad de la nanotecnología

Hoy lo *nano* está en auge, con una intensidad y expectativas sólo comparables a lo *bio* y apoyado, en los países tecnológicamente más avanzados, con financiaciones multimillonarias a través de programas de investigación. Ese mismo auge se aprecia en la actividad de un buen número de grupos de investigación en nuestro país. Una ojeada a las composiciones de comités de dirección de programas internacionales de temas relacionados con lo *nano*, o de comités asesores internacionales en reuniones y eventos científicos en este área, o de comités editoriales de revistas de la especialidad, nos indica que hay grupos españoles muy bien situados, con amplio prestigio internacional, en la mayoría de los temas que abarcan las nanotecnologías. Esta presencia hubiera sido impensable en el panorama científico que teníamos hace 25 años. El balance, pues, es la transformación que va de una sociedad científica poco internacionalizada, mal equipada, formada por unas pocas brillantes individualidades, algunos grupos no muy competitivos y tal vez una o dos Universidades aceptablemente dotadas, a la que hay en la actualidad, todavía muy lejos del papel que le corresponde al PIB que tenemos, pero con presencia y reconocimiento internacionales en un campo tan nuevo y tan competitivo como el de las nanotecnologías. El mérito de esta transformación corresponde, sin duda, a la aprobación de la Ley de la Ciencia de 1986, al trabajo llevado a cabo por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), desde que se constituye en 1988 como consecuencia del primer Plan Nacional de I+D, a la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP) por el valiosísimo papel complementario de garante independiente de calidad y, sobre todo, a los investigadores, que con dotaciones no comparables a las de sus competidores han sabido ponerse a su altura.

La lectura que podemos hacer es la importancia que tiene financiar, sin excesivo dirigismo, la investigación de calidad a nivel básico y básico-orientada, fomentar una sociedad científica abierta y competitiva, y confiar en la capacidad de los científicos para generar y desarrollar nuevas ideas. Esta financiación llega, además, en un momento muy oportuno: la eclosión de toda un área innovadora, muy prometedora y cargada de interés científico y posibilidades tecnológicas. No es de extrañar pues que científicos y grupos españoles hayan estado, desde el principio, estrechamente relacionados con el desarrollo del área.

El potencial económico y de desarrollo social que ofrecen las nanotecnologías es impresionante. Imaginemos lo difícil que nos resultaría volver al esquema de sociedad anterior a la aparición del *chip*. Pues bien, los cambios que veremos en los próximos años como consecuencia de innovaciones basadas en las nanotecnologías, sin duda serán y tendrán efectos muy superiores. Afectarán a áreas tan diversas como electrónica, computación, medicina, salud, exploración espacial, clima, biotecnología o agricultura, por citar sólo algunas.

Ya hay aplicaciones comerciales basadas en nanotecnologías, aunque el proceso no ha hecho más que empezar. Las últimas generaciones de ordenadores ya disponen de cabezas de lectura y grabación que incorporan dispositivos basados en magnetorresistencia gigante y formados por multicapas nanométricas. Existen cremas contra el sol que incorporan nanopartículas con un alto potencial de absorción de radiación ultravioleta. Ya hay cerámicas autoesterilizantes basadas en un recubrimiento de partículas nanoscópicas capaces de desarrollar reacciones catalíticas bajo la débil radiación ultravioleta de una bombilla. Su utilización en hospitales es obvia, pero también se están comenzando a emplear para la construcción de lavabos y sanitarios.

Los límites parecen mezclarse con la ficción. Pensemos en memorias magnéticas. El reto está en llegar al *terabit* (un billón de *bits*) por centímetro cuadrado, es decir, una densidad cien veces superior a las actuales. Esta es la memoria que se estima en el cerebro humano. Con interconexiones y lógica computacional adecuadas se dispondrá de ordenadores capaces de ejecutar tareas *inteligentes*, como traducción simultánea, reconocimiento de imágenes o vigilancia y cuidado de enfermos, que son inimaginables hoy día.

Imaginemos la administración de fármacos. Más de la mitad de los fármacos terapéuticamente útiles son hidrófobos, lo que complica su administración a través de medios acuosos.

Reduciendo a escala nanométrica el tamaño de las partículas del producto a administrar se mejorará la *bioaccesibilidad* de estos productos, ya que al ser lo suficientemente pequeñas como para pasar por los vasos capilares se podrán administrar por vía intravenosa sin mayores riesgos. Se están diseñando fármacos consistentes en nanopartículas magnéticas recubiertas por el

producto biológicamente activo que podrá ser guiado, a través de su flujo sanguíneo, desde el exterior del paciente para ser depositado en el órgano sobre el que se pretenda actuar. De esta forma se está administrando quimioterapia a ratas con tumores cerebrales.

El recubrimiento de superficies con nanopartículas de óxido de titanio les confiere, entre otras propiedades, un profundo carácter hidrófilo. Las gotas de agua se extienden sobre la superficie en lugar de tender a una forma esférica. La polución ambiental, mayormente lipófila, no se adhiere a este tipo de superficies y basta un chorro de agua para lavarlas. Ventanas con este tipo de recubrimientos permiten formar una finísima capa homogénea de agua que desciende cubriendo la totalidad de la superficie cuando es suministrada desde la parte superior. En climas calurosos la evaporación de esta lámina de agua permite diferencias de más de diez grados entre el interior y el exterior de habitaciones con este tipo de ventanas. En Japón se está estudiando el aplicar esta forma de climatización a edificios de oficinas en macrópolis como Tokio, lo que reducirá considerablemente los efectos de sobrecalentamiento de la ciudad debido a los sistemas de aire acondicionado. Este sería un ejemplo de cómo una aplicación nanotecnológica puede inducir un cambio microclimático.

Dotaciones multimillonarias

Éstos son algunos objetivos concretos y desarrollos en fase experimental, pero la lista de posibilidades que abren las nanotecnologías parece no tener otro límite que la imaginación. Las consecuencias supondrán mejoras fundamentales en la calidad de vida, la medicina y la salud. De ahí que países como Estados Unidos y Japón se hayan apresurado a lanzar programas de investigación en nanotecnología cuantiosamente dotados.

En Europa, los primeros países en tener programas propios, con financiaciones adicionales a las de sus programas ya existentes, han sido Alemania, Países Bajos, Suecia y Suiza; adicionalmente se han ido tejiendo iniciativas de colaboración internacional, de manera más o menos espontánea, entre grupos de investigación de países europeos, al amparo del V Programa Marco, del Programa COST o de la European Science Foundation, entre otros, donde grupos españoles participan activamente. Con algo de retraso, la Unión Europea se propone financiar las nanotecnologías, de forma específica y sustancial, en su VI Programa Marco.

Es decir, los países tecnológicamente más desarrollados se han dado cuenta de la importancia de este campo de investigación y se han apresurado a ocupar posiciones en la parrilla de salida, con Estados Unidos y Japón ocupando los lugares de la *pole position*. De alguna manera la salida ya está dada, y el papel de quienes se retrasan a tomarla no podrá ir más allá que el de comparsa.

Perspectivas preocupantes

A nivel nacional las perspectivas no dejan de ser preocupantes. La lectura del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica actualmente en vigor (2000-2003) muestra que las nanotecnologías simplemente no existen. Ni siquiera aparecen contempladas como objetivo científico-tecnológico en el área de materiales. Sin embargo, su importancia en el desarrollo de la sociedad que se nos avecina justificarían su constitución como área científico-tecnológica. Esto es lo que ocurre con la biotecnología y las tecnologías de la información y de las comunicaciones, los otros dos pilares básicos sobre los que se está consolidando la sociedad del futuro. Como éstas, las nanotecnologías constituyen un área compleja donde se debe conjugar la investigación básica con la orientada hacia aplicaciones, y las iniciativas *bottom-up* con objetivos programáticos concretos. Es igualmente un área profundamente interdisciplinaria y multidisciplinaria, que exige forzar la formación de grupos amplios, multidisciplinarios y adecuadamente dotados, pero con una estructura lo suficientemente flexible y dinámica como para atender a su evolución y poder consolidar, con aplicaciones concretas, los avances que se vayan consiguiendo. Exige la constitución de centros de investigación, dotados con amplitud de técnicas, sobre todo para la fabricación de nanomateriales pero también para su caracterización, con infraestructura humana competente y bien formada, y con presupuestos adecuados a los objetivos del centro y que permitan su

funcionamiento.

El panorama nacional deja, sin embargo, resquicios para el optimismo. El menor de ellos no es la preocupación que trasluce el mencionado Plan Nacional de I+D+I en coordinarse «de forma más efectiva» (*sic*) en la política de investigación y desarrollo que se contempla en los Programas Marco de la Unión Europea. También es significativo que el primer objetivo estratégico sea el de elevar el nivel de la ciencia y tecnología españolas, tanto en tamaño como en calidad, con un incremento del porcentaje de gasto en I+D respecto del PIB que iría del 0,95 en 1998 (0,90 según la OCDE) hasta 1,29 en el año 2003. El incremento es significativo pero el objetivo de inversión está todavía muy por debajo del 2 % que invierte la media de países europeos. A pesar de ello, si estos objetivos se ejecutan sin que sean maquillados con partidas de desarrollo militar que nada tienen que ver con I+D, sus efectos pueden suponer un nuevo salto cualitativo, no ya sobre el desarrollo de las nanotecnologías sino en todo el sector científico y tecnológico nacional.

Sería deseable que el análisis retrospectivo que se haga dentro de unos años (no hay que esperar otros veinticinco) permita concluir que de una presencia y reconocimiento internacionales hemos pasado a generar tendencias de investigación y ejercer papeles de liderazgo en sectores suficientemente amplios (ya se empiezan a tener en temas concretos) que atraigan al sector productivo y le permitan innovaciones y desarrollos competitivos en un plano global. En el área de las nanotecnologías esto se puede conseguir, la simiente existe y al menos a nivel europeo se da el caldo de cultivo necesario para su desarrollo. Es de esperar que desde la administración se articulen las condiciones suficientes para facilitararlo y consolidarlo.

FERNANDO PALACIO es Profesor de Investigación en el Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y de la Universidad de Zaragoza.

Frases destacadas

«El potencial económico que ofrecen las nanotecnologías es muy superior al que supuso la aparición del *chip* y afectará a áreas tan diversas como electrónica, computación, medicina, exploración espacial, clima, biotecnología o agricultura.»

«La lectura del Plan Nacional de I+D+I actualmente en vigor muestra que las nanotecnologías simplemente no existen, ni siquiera aparecen como objetivo científico-tecnológico en el área de materiales.»