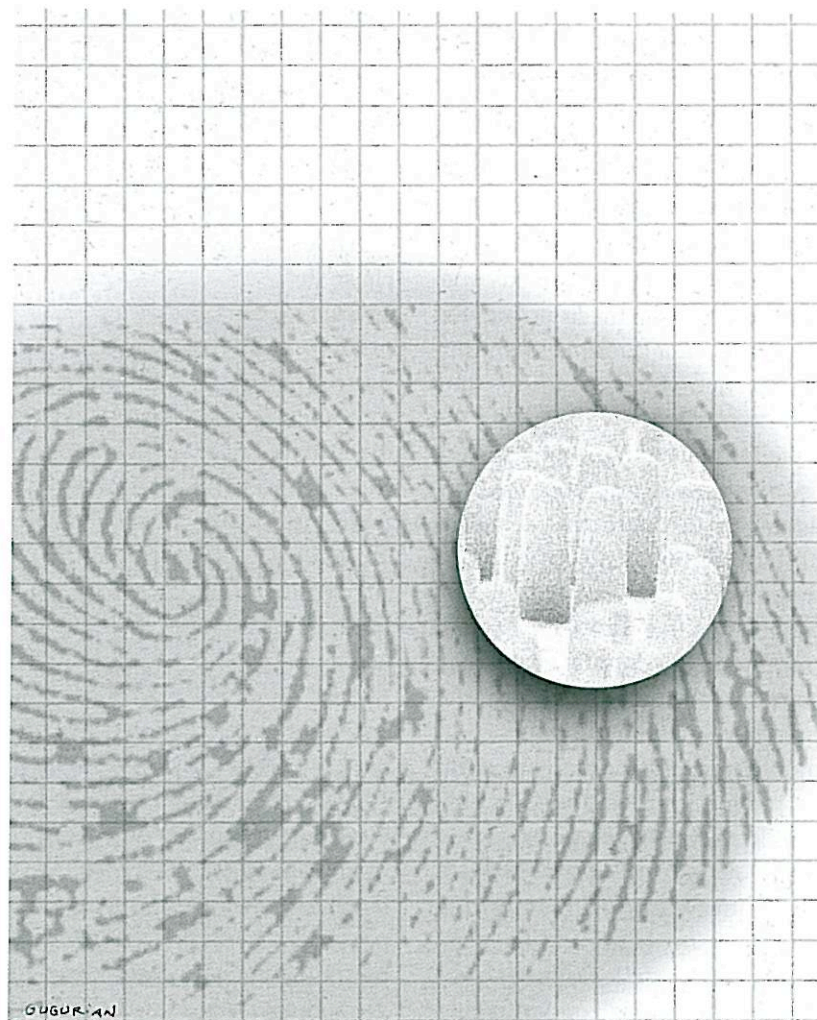


J. M. PITARKE
E I. CAMPILLO

CIC nanoGUNE Consolider

Nanotecnología, una visión que empieza a ser realidad

Lo nano está de moda dentro del sistema de ciencia y tecnología desde el comienzo de siglo. De hecho, la nanotecnología es una de las apuestas estrella de las grandes potencias mundiales, lo que ha provocado que numerosos grupos de investigación se estén volcando hacia lo nano, bien renombrando sus actividades tradicionales bajo títulos que incluyen el prefijo 'nano', o bien introduciéndose en nuevas líneas de investigación. Se estima que el gasto mundial realizado en I+D en nanotecnología durante el año 2005 por parte de las administraciones públicas, corporaciones privadas e inversores de capital riesgo ascendió a más de 9.000 millones de euros, lo que suponía un 10% más que en el año 2004. Sin embargo, lejos de ser una moda, la nanotecnología se configura como el resultado natural del progreso científico-tecnológico del siglo XX que nos ha llevado a entender nuestro mundo desde los átomos y el cual desemboca "en nuestra capacidad para ver lo que hacemos y para hacer las cosas en la escala atómica", citando a Richard Feynman en su charla visionaria *There is plenty of room at the bottom. An invitation to enter a new field of Physics*. Precisamente, la invención del microscopio de efecto túnel en 1981, y del microscopio de fuerza



atómica 5 años después, nos han hecho capaces de hacer realidad la visión de Feynman y así posibilitar el desarrollo de una nueva tecnología basada en el control de la materia desde la escala de los átomos y las moléculas.

Una nueva disciplina

El prefijo 'nano' es de raíz griega y significa pequeño. Un nanómetro

es la millonésima parte del milímetro, o sea una millonésima parte del canto de un céntimo de euro, o una cienmilésima parte del diámetro de un pelo humano. Visto desde lo pequeño, un nanómetro es aproximadamente diez veces el diámetro de un átomo de carbono. La nanoescala comprende distancias que van desde 0,1 nanómetros hasta unos 100 nanómetros. Sin

embargo, quizás sea más adecuado afirmar que algo es etiquetado como nano cuando al menos una de sus dimensiones es mayor que las de un átomo, pero lo suficientemente pequeña como para que exhiba propiedades significativamente diferentes de aquellas que se observan en la macroescala. En la nanoescala podemos esperar comportamientos novedosos que son marcadamente diferentes de aquellos que encontramos tanto a escala atómica y subatómica (por debajo de 0,1 nanómetros) como en la macroescala (por encima de unos 100 nanómetros). Comprendemos bien tanto el régimen puramente atómico y molecular como el de la materia condensada, pero aún queda mucho recorrido para comprender lo que se sitúa en medio. En la nanoescala predominan las interfaces y superficies, el recorrido libre medio de los electrones y la longitud de onda de la luz son comparables a las dimensiones de las nanoestructuras y, por ello, la conductividad eléctrica, la respuesta óptica o el magnetismo dependen del tamaño, la composición y la geometría de los nanoobjetos, lo cual no ocurre en la macroescala. Por ejemplo, las nanopartículas de oro pueden ser naranjas, púrpuras, rojas o verdosas dependiendo de su tamaño, mientras que una pieza de oro micro o macro es amarilla independientemente de que le cambiemos la forma o el tamaño. Los procesos químicos, mecánicos, electrónicos no son separables en la nanoescala de la misma forma que podemos hacer a escalas superiores. Por ello, nos encontramos ante una escala que impone un reto científico además de tecnológico para poder extraer un rendimiento industrial signi-

ficativo, y así hablamos de nanociencia y nanotecnología. Este no es el caso de lo micro, el cual no da lugar a hablar de una "microciencia", sino tan sólo (y ello no es poco) de la microtecnología.

De esta forma, la nanociencia se define como la ciencia que estudia los fenómenos y la manipulación de la materia a escala nanométrica, mientras que la nanotecnología está dedicada al diseño y a la creación de materiales, dispositivos y sistemas a través del control de la materia en la nanoescala. En la nanoescala se dan cita fenómenos en los que no se puede separar fácilmente lo que es física de lo que es química. Al mismo tiempo, hay mucho que aprender de los procesos biológicos que operan a escala molecular, a la vez que se busca ingenierizar la materia para dar lugar a nuevos sistemas. Por ello, la nanociencia y la nanotecnología se caracterizan por tener un enfoque interdisciplinar en el que convergen diversas disciplinas, tales como la física, la química, la biología y la ingeniería de materiales. Este hecho supone un valor añadido para el avance del conocimiento y la tecnología, además de un reto importante que implica acercar comunidades científicas que se han mantenido largo tiempo trabajando de forma independiente.

Materiales a medida

El impacto de la nanotecnología reside en la posibilidad de producir combinaciones únicas de

propiedades, de funciones y de prestaciones en materiales y sistemas de una manera que ha sido imposible conseguir hasta ahora. Es decir, la nanotecnología abre la puerta para crear materiales y sistemas "a medida" mediante la manipulación de sus átomos, más allá de lo que la química tradicional pueda ofrecer, lo cual permitirá una extraordinaria flexibilidad en el diseño y producción de los materiales, y dará lugar a una gama infinita de prestaciones que el usuario podrá escoger a la carta. Y todo ello, al poder realizarse con precisión atómica, con un menor consumo de materia, de energía y con una generación menor de residuos. En definitiva, la promesa de la nanotecnología es dar mucho por poco, más por menos.

La posibilidad de manipular la materia a escala nanométrica y de controlar la agregación de estructuras con precisión atómica anticipa la aparición de nuevas formas de producción. Esto supondrá el desarrollo de nuevas industrias, pero también, e inevitablemente, la desaparición de otras. Las empresas que sean capaces de adelantarse y de adaptarse a los cambios derivados del desarrollo de la nanotecnología dispondrán de ventajas que las harán más

competitivas en el mercado global. En cadenas de producción industrial la nanotecnología aún no ha desarrollado todo su potencial. No obstante, ya se encuentran en el mercado productos que deben su valor añadido a la nanotecnología y que además resultan asequibles. Entre ellos podríamos citar, por ejemplo, catalizadores para combustibles de automóvil, cremas de protección solar que contienen nanopartículas de TiO_2 y ZnO , recubrimientos resistentes a la abrasión, composites poliméricos reforzados con nanoarcillas que se utilizan en automoción y embalaje, textiles repelentes al agua, vidrios autolimpiables y espejos antiniebla. Esta lista es sólo un pequeño indicador de lo que es ya posible comercialmente como consecuencia del desarrollo de la nanotecnología.

Una de las principales características de la nanotecnología es su horizontalidad. No existe ningún sector industrial que no pueda beneficiarse en gran medida de la nanotecnología. Sin embargo, se considera que los sectores industriales que pueden ejercer un mayor efecto tractor en el despegue industrial de la nanotecnología son la electrónica, la química, la farmacia y la producción

de materiales (plásticos, metales, vidrios, textiles, etc.). Según estimaciones de la compañía BASF, el mercado de la nanotecnología va a experimentar en los próximos años crecimientos anuales del orden de 10-15 %.

Por otra parte, según un informe emitido por Lux Research, la venta de productos con nanotecnología incorporada llegará a representar el 15% de la facturación del sector manufacturero global en el año 2015, frente al 0,1% del año 2004.

Los retos para que se cumpla la promesa de la nanotecnología son extraordinarios. Incluyen, por ejemplo, el control sobre la distribución de tamaños y formas de nanocomponentes, la dispersión de constituyentes nanométricos, la comprensión y el ajuste del papel de las interfaces entre fases estructuralmente y químicamente diferentes, y, por supuesto, la producción a gran escala, controlada, segura y a bajo coste de nanomateriales y nanodispositivos. No hay que olvidar, sin embargo, que cuando una nueva tecnología está a punto de irrumpir en la sociedad se abren frentes de opinión, a veces no suficientemente informados, que se oponen a su avance y a su llegada al ciudadano. Recientes son los casos de rechazo a la utilización de semillas modificadas genéticamente o a la investigación con células madre. Esto podría llegar a ocurrir con la nanotecnología, hacia la cual ya se han alzado voces desconfiadas del alcance

de los beneficios que promete y que destacan los riesgos que, sin duda, puede entrañar. Porque cuando decimos que "lo pequeño es diferente" estamos afirmando que los nanomateriales no pueden ser considerados como la misma sustancia, pero en pequeño, sino que sus propiedades son radicalmente distintas y esencialmente dependientes del tamaño. A su vez, sus efectos sobre las personas y el medio ambiente también pueden ser muy diferentes de los efectos de las correspondientes estructuras micro y macroscópicas, así como la forma de evaluar su impacto.

Por ello, la nanotecnología requiere la definición de nuevos estándares que podrán afectar a la terminología, los ensayos, la instrumentación o cualquier otra práctica. Esto es, por supuesto, condición necesaria para facilitar la comercialización de productos basados en la nanotecnología, así como para asegurar la protección del consumidor y del medio ambiente.

Nunca se sabe lo que nos deparará el futuro, pero parece que hay consenso en el hecho de que el futuro podría ser nano. Tampoco sabemos lo cercano que está el día en que el ciudadano de a pie se verá rodeado de bienes y objetos cuyas prestaciones estarán marcadas por la nanotecnología. Pero sí parece cierto, como ya anunció el físico norteamericano Richard Feynman en 1959, que hay mucho sitio por ahí abajo. Ya hemos aceptado la invitación de bajar y empezar a explorar el mundo de lo pequeño. No nos cabe la menor duda de que llegaremos lejos, aunque sólo sea para descubrir que todavía hay mucho más sitio por ahí abajo que el que alguna vez pudimos imaginar. ■