

Nanotecnología para un desarrollo sostenible

Javier García Martínez

Hace pocos meses releí el libro de Isaac Asimov *La Fundación*, un libro que leí por primera vez cuando tenía quince años. En él se describe un mundo extraño pero sugestivo, en el que la tecnología está presente en cada aspecto de la vida dando a todo aquel universo imaginario una esperanza de realidad. Al releer el libro, no podía dejar de pensar cómo la tecnología ha ido incorporándose a nuestras vidas a lo largo de los quince años que han pasado desde que leí a este autor por primera vez. Pensemos por un momento en todos los equipos electrónicos que probablemente llevamos en este momento encima y de los cuales pocas veces nos desprendemos: reloj, tarjetas de crédito, teléfono móvil... Un equipaje tecnológico que aumenta considerablemente cuando viajamos. Yo utilizo con frecuencia el tren y cada vez observo a más personas cargadas con ordenador portátil, reproductor de música o cámara digital. Varios kilos de peso sin los cuales nos sentimos desconectados. Recuerdo que hace unos meses, una de las principales compañías de servicio de telefonía móvil dejó de funcionar durante unas horas. Aquel hecho fortuito nos dio la oportunidad de comprobar hasta que punto nos hemos hechos dependientes de una tecnología que hasta hace poco nos era desconocida.

Existen por lo menos dos causas que han hecho posible la popularización de los equipos electrónicos: el abaratamiento de sus costes de producción y la miniaturización de sus componentes. El hecho de que cada año los ordenadores y los teléfonos móviles sean más pequeños y con mejores prestaciones, no es fruto de ninguna mente maquiavélica que quiera hacernos cambiar de equipos electrónicos cada pocos años, sino del esfuerzo investigador de científicos y tecnólogos de todo el mundo.

Los componentes electrónicos han ido disminuyendo su tamaño continuamente desde las válvulas de los años cincuenta, pasando por los transistores de los setenta, hasta los circuitos integrados actuales. Recientemente se ha logrado fabricar materiales con control atómico de su estructura, lo que nos acerca al límite de lo más pequeño que

se puede construir. Este límite está en el nanómetro porque es aproximadamente lo que miden los átomos, que son ladrillos con los que están hechas todas las cosas. Esta capacidad de fabricar estructuras con precisión molecular ha dado lugar al nacimiento de una nueva disciplina científica, la nanotecnología.

Sin embargo, buena parte de la investigación que se realiza en nanotecnología está basada en sistemas de varios cientos de nanómetros. Esta aparente contradicción nos lleva a distinguir entre dos métodos de fabricación de nanomateriales: *a*) los métodos de “arriba hacia abajo” (*top-down*), basados fundamentalmente en técnicas litográficas, que permiten integrar múltiples componentes, pero con una resolución de decenas o centenas de nanómetros y *b*) los métodos de “abajo hacia arriba” (*bottom-up*), que permiten fabricar materiales con precisión nanométrica pero difíciles de integrar en una estructura compleja con una función específica.

No parece lógico empezar a construir la casa por el tejado. Si fuera posible, ¿quién no empezaría por los cimientos y luego ladrillo a ladrillo hacia el techo de que forma que podamos controlar cada paso? El problema de las técnicas de abajo hacia arriba es que a pesar de que podemos construir muy bien las casas, hacerlas todas muy parecidas, con todas las puertas y ventanas que queramos, incluso elegir el color de sus paredes, luego no somos capaces de ponerlas en calles que formen barrios y hacer ciudades con buenas comunicaciones en las que sea fácil moverse o resulta agradable vivir.

Los nuevos nanomateriales están destinados a ser los componentes que harán realidad el paso de la microelectrónica a la nanoelectrónica, algo de lo que depende que los ordenadores del futuro puedan ser más veloces y almacenar grandes cantidades de información. Nanocables, nanointerruptores y nanotransistores, son algunas de las entradas más populares en los buscadores en el área de nanotecnología. El reto es conectar millones de estos nanocomponentes en configuraciones complejas con la precisión necesaria para que realicen las funciones para los que han sido diseñados.

La investigación en nanotecnología ya nos ha dado algunos resultados concretos que sugieren el gran potencial de esta nueva disciplina. Pensemos por un momento en el carbono, un elemento que conocemos y utilizamos ampliamente desde la antigüedad. Creíamos que lo sabíamos todo de él desde que el famoso científico inglés Humphry Davy demostró que el diamante es una forma de carbono quemando uno de ellos con una gran lupa. Durante décadas se ha explicado en las facultades de ciencias de todo el mundo que el carbono tiene dos formas alotrópicas: el grafito y el diamante, químicamente idénticos pero con propiedades marcadamente diferentes debido a su distinta estructura. A todas luces no era de esperar que este viejo y abundante elemento nos diera más sorpresas después de que el hombre llegara a la luna o descubriéramos la estructura del ADN. Es curioso como la Naturaleza nos pone de vez en cuando en nuestro sitio a los que nos dedicamos a estudiarla. No tanto para decirnos que lo que sabíamos estaba mal, sino para enseñarnos que nos queda mucho por aprender.

En 1985, H. Kroto, R. F. Curl y E. E. Smalley vaporizaron una pequeña cantidad de carbón con la ayuda de un potente láser. Al estudiar el material producido descubrieron que estaba formado por esferas de carbono de un nanómetro de diámetro. Estas estructuras les recordaron a las cúpulas diseñadas por el arquitecto americano Buckminster

Fuller a base de hexágonos y pentágonos, por lo que las llamaron fullerenos. En 1996 estos tres científicos recibieron de forma conjunta el premio Nobel en química. Cinco años antes el japonés Sumio Iijima había descubierto una nueva forma de carbono relacionada con los fullerenos, pero cuya importancia práctica se revelaría mucho mayor. Sentado en su microscopio electrónico, Iijima observó largos tubos de carbono de unos pocos átomos de espesor. Desde entonces los nanotubos de carbón no han dejado de sorprendernos con sus extraordinarias propiedades. Esta nueva forma de carbono es diez veces más resistente que el acero y mucho más ligera. Su fabricación a gran escala es todavía costosa, pero ya existen aplicaciones comerciales de estos materiales que se han convertido en el buque insignia de la nanotecnología. Su aplicación más prometedora es en nanoelectrónica, donde se prevé que reemplacen al hoy omnipresente silicio. En 1998, C. Dekker dio un paso importante en esta dirección construyendo a base de nanotubos de carbón el primer transistor que se enciende y se apaga con un solo electrón.

Otro campo en el que la nanotecnología tiene la capacidad de producir una verdadera revolución es en medicina. Cuando nos ponemos enfermos el médico nos receta un medicamento y nos indica el tiempo durante el cual debemos tomarlo. Desgraciadamente, una gran parte de dicho medicamento no llega a la zona afectada, por lo que es necesario tomar dosis altas durante tiempos prolongados. Sería deseable tener un sistema que llevara la cantidad justa de medicamento a la zona dañada y lo liberase allí, lentamente, sólo durante el tiempo que fuera necesario. Esto se ha conseguido ya en el laboratorio gracias a pequeñas nanopartículas que transportan el medicamento. Además, estas nanopartículas tienen una superficie que es capaz de reconocer la zona afectada y liberar el principio activo progresivamente, por lo que se reduce la cantidad de medicamento necesario, los efectos secundarios y se asegura el tiempo de tratamiento correcto. Gracias a ello será posible suministrar medicamentos mucho más potentes, capaces de acabar con tumores cancerosos sin dañar los tejidos sanos que los rodean.

Sin embargo, no nos dejemos llevar por la fascinación que producen éstos y otros grandes avances tecnológicos de los que estamos siendo testigos. Recordemos que los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad pueden solucionarse con la tecnología ya existente, como ha vuelto a ponerse de manifiesto recientemente en la cumbre de Johannesburgo. El reto al que nos enfrentamos no es tanto hacer nuevos materiales sino utilizarlos de forma que mejoren nuestra calidad de vida, nuestra salud y la del medio ambiente. La nanotecnología nos da las herramientas para hacer esta aspiración una realidad.

Sin duda, la producción eficaz y el consumo responsable de energía son pasos fundamentales hacia un desarrollo más sostenible. En la actualidad la mayor parte de la energía que utilizamos procede del petróleo, del carbón y del gas natural. Desgraciadamente, las reservas de estos combustibles, todavía abundantes, son, sin embargo, limitadas y están concentradas en regiones en conflicto, cuyo control ocasiona numerosos enfrentamientos. Además, su transporte, su transformación y su uso tienen graves consecuencias para el medio ambiente. Por ello, su sustitución por nuevas fuentes de energía se hace cada vez más necesaria. Entre las energías alternativas, la solar es la que se está beneficiando más rápidamente de los avances producidos por la

nanotecnología. Recordemos que el corazón de una célula solar son dos semiconductores que transforman la energía luminosa que reciben en corriente eléctrica. Gracias a las nuevas herramientas que ha puesto en nuestras manos la nanotecnología, se han podido preparar semiconductores de sólo unos pocos nanómetros de espesor, lo que ha reducido significativamente el tamaño de las células solares, que sigue siendo una de las principales limitaciones para su uso generalizado.

En cuanto a los nuevos sistemas de producción de energía, debemos destacar las células de combustible, que son pilas que utilizan hidrógeno y oxígeno para producir electricidad. Este sistema es especialmente deseable ya que el único residuo generado es agua. En este caso, nanopartículas de metales nobles hacen posible la reacción catalítica entre el hidrógeno y el oxígeno. El hidrógeno, que para la misma cantidad de combustible produce tres veces más energía que la gasolina, es una de las grandes alternativas al uso de combustibles fósiles. Hoy en día la mayoría de las empresas automovilísticas poseen prototipos que funcionan con hidrógeno. Sin embargo, su peligrosidad, costosa producción y la dificultad que presenta su manejo y almacenamiento hacen que uso generalizado esté todavía lejos de ser una realidad. En este sentido, el almacenamiento de hidrógeno en materiales nanoporosos es una de las alternativas más prometedoras para el transporte seguro de este gas.

La nanotecnología nos permite medir, manipular y organizar estructuras a escala nanométrica. Para contribuir a un desarrollo más racional es necesaria además voluntad. En los últimos años hemos visto como a pesar de que se están desarrollando formas más eficientes de producir y consumir energía, los países que más energía producen y consumen no están dispuestos a llegar a acuerdos internacionales que impongan límites a la cantidad de contaminantes que generan.

Seguramente, el futuro que nos ofrece la nanotecnología no se parecerá al universo tecnológico que nos presenta Asimov en sus libros, probablemente tampoco es lo que necesita el mundo hoy en día. Lo que sí nos ofrece es el control último sobre la materia y con ello nuevos materiales con propiedades extraordinarias. La nanotecnología está abriendo continuamente nuevas puertas a la investigación y grandes posibilidades para el desarrollo. Depende de nosotros el uso que hagamos de la tecnología que pone en nuestras manos la investigación científica.

Este es un momento apasionante para la ciencia. Ahora, más que en ninguna otra época de la historia, los científicos podemos con nuestro trabajo contribuir a un desarrollo más justo y sostenible. Este reto, que como jóvenes investigadores no nos puede dejar indiferentes, debe animar toda nuestra actividad.