

# La nanotecnología española busca la fórmula para ir más allá del laboratorio

**La investigación progresa adecuadamente en unas técnicas claves en la nueva economía, pero la asignatura de la transferencia al mercado todavía sigue pendiente**

ALEXIA COLUMBA JEREZ

Desde que Richard Feynman hablara de forma visionaria de la belleza de lo invisible en 1959 y de las posibilidades de la miniaturización, refiriéndose a la nanotecnología, ésta ha ido germinando como un activo que promete ser la próxima gran revolución. ¿Y si la solución a los grandes problemas estuviera en lo más pequeño, donde las reglas de la física cambian, alumbrando lo micro como un nuevo mundo de enormes posibilidades? Por eso, los países que han sabido vislumbrar que la nanotecnología es una herramienta estratégica fundamental llevan tiempo posicionándose a la conquista de este terreno que hoy empieza a mostrar sus frutos, despegando en múltiples sectores. España está bien posicionada en esta revolución a nivel de investigación, pero el salto del laboratorio al mercado, el paso decisivo para llegar a la actividad productiva y a la sociedad aún no está consolidado.

Una transición esencial porque el futuro pasa por el mundo nano, que supone el control y manipulación de materiales a nivel atómico y molecular. Alejandro Manjavacas, científico titular en el instituto de óptica del CSIC, apunta que para tener una noción de la escala nanométrica hablamos de «objetos que son del orden de cien o mil veces más pequeños que el grosor de un pelo». Y es que jugar con la materia en estas dimensiones permite hablar de baterías más duraderas, microprocesadores más rápidos, nanobiosensores para detectar patógenos en los alimentos, células solares más eficientes en edificios con ventanas y paredes inteligentes que retienen el calor o turbinas eólicas marinas resistentes a la corrosión.

La lista es diversa. Cabe la elaboración de nanomateriales para tejidos inteligentes que repelen el agua, no se arrugan o protegen contra el fuego. En la automoción se habla de micro-

## Nanotecnología en España

Tipología de los miembros de la Red Nanospain



Fuente: CSIC/NanoSpain

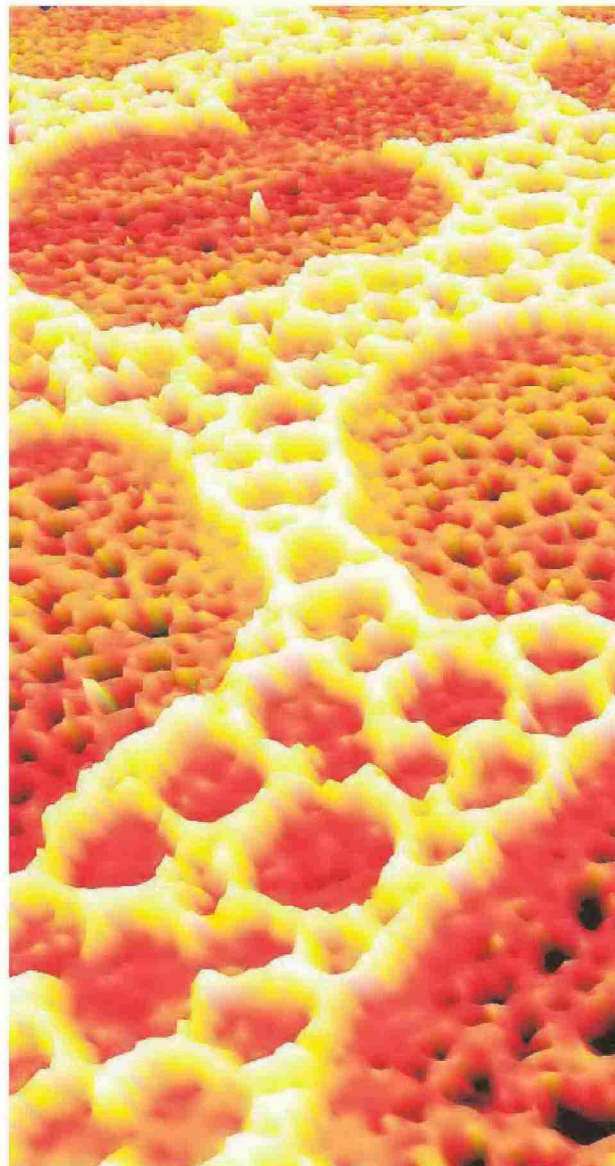
ABC

fibras de carbono para la producción de motores; en la construcción de materiales de ladrillos que se convierten en baterías. Asimismo, en medicina podemos encontrar nanotecnología para controlar la administración de fármacos o 'quemar' tumores. Y en el área de medioambiente hay nanomateriales para optimizar la remediación del suelo o microesponjas hechas de nanotubos de carbono para limpiar los océanos.

## Vía emergente

Jordi Díaz Marcos, Investigador y divulgador en Universitat de Barcelona (Ccitub/IN2UB) y profesor de Materiales, establece que «la nanotecnología es una ciencia emergente que contribuirá significativamente al crecimiento económico. Y algunos de los materiales nano-

tecnológicos, como por ejemplo el grafeno, están llamados a transformar industrias tan consolidadas como la electrónica y a sustituir al silicio». Por otro lado, añade que «tenemos las máquinas moleculares y una variedad de las mismas, más 'marketiniana', los nanorobots. Muchas expectativas han crecido alrededor de esta variante de la nanotecnología. También se dice que podrán ser los cirujanos del futuro a muy largo plazo». Y en la frontera del conocimiento y el transhumanismo, figuras como Ray Kurzweil, director de ingeniería de Google, llegó a hablar de nanorobots que permitirían conectar los sistemas nerviosos a la nube para 2030. Díaz señala que «a través de la multidisciplinariedad y lo que nos aporta el trabajar con materiales muy



## PROBLEMAS Y RETOS A FUTURO

**La nanotecnología tiene luces y sombras, Jordi Díaz incide en que se suele olvidar comentar el aspecto ético de la nanotecnología, relacionado con lo que se está desarrollando en el laboratorio. Su impacto sobre la población, la seguridad laboral de trabajar con nanomateriales, las desigualdades entre países pobres y ricos que pueden permitirse esta tecnología o las implicaciones de su desarrollo militar. Y Pedro Serena**

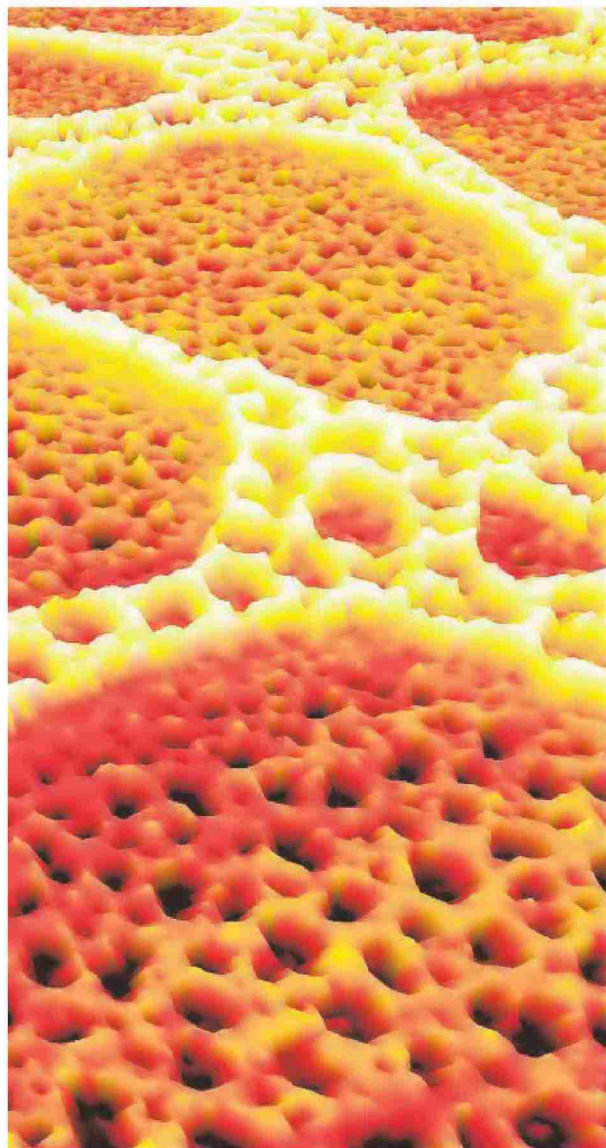
**incide en que los retos a futuro que ha desarrollado recientemente en su libro blanco de las nanotecnologías tienen que ver con favorecer la financiación y colaboración para generar valor añadido. Y la necesidad de remar en la misma dirección empresa e investigación, sin burocracias excesivas que retarden la escalabilidad y una mayor divulgación de la nanotecnología para todos públicos, dado que por norma no se enseña en los colegios o institutos.**

pequeños estamos viendo que su impacto cubre prácticamente todos los sectores industriales. Y luego la convergencia de tecnologías, como la nanotecnología, biotecnología, IA y ciencias cognitivas, nos darán cosas que ahora no existen».

La nanotecnología según el informe Global Nanotechnology Market presenta un mercado global que superará los 125.000 millones de dólares en los próximos cinco años. Pedro Serena, investigador del CSIC en el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, establece

## Microscopio de fuerza atómica y redes de nanopartículas

Esta imagen está recogida en Ciencitk, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas, y muestra una red multiescala de nanopartículas de oro sobre silicio. Las redes formadas presentan muchas escalas, mostrando similitudes con otras estructuras que se dan en la naturaleza. La imagen está cedida por la Universidad de Nottingham (Reino Unido)



que para el desarrollo de la nanotecnología en EE.UU. existe la Iniciativa nacional de nanotecnología. «El Gobierno Federal de EE.UU. invierte unos 2.000 millones de dólares al año, a lo que se suma lo que ponen las universidades, las industrias, los estados. Empezó con Clinton y aunque han pasado cinco presidentes de perfiles ideológicos distintos todos mantienen la misma iniciativa de negocio. El resto de países hacen lo mismo para entrar en la carrera. Una previsión a largo plazo que se ha traducido en

que más del 50% de los productos de nanotecnología del mercado vienen de EE.UU. En España entre 2004 a 2011 hubo un plan nacional de acción estratégica de nanociencia y nanotecnología, sin embargo con la recesión se ralentizó. Y antes de eso ya había una red que era Nanospain, fundada en el 2000, de la que soy uno de sus cofundadores», afirma el investigador.

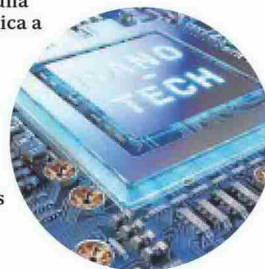
Nanospain es un aglutinante de los distin-



## Aplicaciones en marcha

### ELECTRÓNICA: LA NANOFOTÓNICA Y EL LÍMITE DE LA MINIATURIZACIÓN EN LOS CHIPS

Los nanotubos de carbono están cerca de sustituir al silicio como material para fabricar microchips y dispositivos más pequeños, veloces y eficientes. La nanofotónica supondrá una revolución de la electrónica a futuro. Díaz señala que «uno de los problemas que tiene la electrónica es que estamos llegando a los límites de la miniaturización de materiales electrónicos con los transistores, y los láseres supondrán una alternativa».



### ENERGÍA: CARGADORES HUMANOS QUE FAVORECEN LA EFICIENCIA Y EL AHORRO

Un nuevo semiconductor ideado por la Universidad de Kyoto permite fabricar paneles solares que duplican la cantidad de luz solar convertida en corriente eléctrica. La nanotecnología también abarata costes, permite producir turbinas eólicas marinas resistentes a la corrosión, mejora el rendimiento de los combustibles y, gracias a nuevos polímeros se podría extraer energía del cuerpo para generar electricidad.



### SANIDAD: VACUNAS QUE SALVAN VIDAS Y MEDICINA A LA CARTA

«Hay una explosión en nanomedicina porque los fármacos tardan unos 15 años desde los ensayos clínicos hasta su aprobación. Ahora emergen ideas que empezaron en el 2000. En EE.UU. ya hay cien nanofármacos», explica Serena. Las nanopartículas se usan en oftalmología o en vendas contra las infecciones. «Las vacunas de Covid tienen la característica especial de que el ARN tiene el efecto terapéutico, pero para conseguir eso necesitan una vehiculización. Existen un tipo de sustancias llamadas liposomas usadas desde hace tiempo, incluso en cosmética. Tienen la característica de que pueden contener sustancias que son difíciles de disolver y liberarlos en el lugar de acción», afirma el profesor Marzán.



### CONSTRUCCIÓN: LADRILLOS QUE PUEDEN SER LAS NUEVAS BATERÍAS

Los nanomateriales contribuyen a la reducción de peso o mejoran las funcionalidades de productos de construcción. Se ha hablado de ladrillos que almacenen energía y puedan usarse como baterías. Su funcionamiento consiste en rellenar los poros del ladrillo con unas nanofibras de un plástico conductor. Sería una alternativa 'low cost' a las baterías de litio, según decía el investigador Julio D'Arcy de la Universidad de Washington

tos actores implicados en el desarrollo de la nanotecnología, desde universidades y el CSIC, que representan más del 50%, centros de investigación a empresas. Lo cierto es que el gran escollo de España es la transferencia del laboratorio a la industria, Serena explica que España «en número de artículos producidos los mismos que Alemania y de forma más barata, pero luego en lo que bajamos mucho es en el tema de patentes. La cuestión es que Alemania tiene un conjunto potente de empresas, como Bayer, Siemens o Henkel que son monstruos que invierten mucho en investigación. Por ejemplo, la empresa Volkswagen gasta en I+D unos 15.000 millones. Mientras en toda España, la inversión de lo público y lo privado junto son 17.000 millones este año».

A España, afirma Serena, le faltan esos titanes de la inversión, y las pymes carecen de recursos suficientes. Aunque hay 'spin off' que nacen de los centros universitarios como fue el caso de Advanced Nanotechnologies, surgida de la Universidad de Barcelona y reconocida como una de las mejores startups de nanotecnología. Pese a todo, Jordi Díaz destaca que «hay grupos de investigación potentes, tenemos 'marca España nano'». Según Journal Citation Reports (JCR) el 8% de todas las publicaciones científicas en todo el mundo se centran en nanotecnología. Y más del 42% en 2021 han sido publicados por chinos, cuyas patentes se concentran en el mercado de EE.UU. que les interesa más que el europeo. Serena dice que entre los sectores que más se apuesta en nanotecnología está la nanomedicina, y es donde España busca hacerse fuerte.

### Nanomedicina

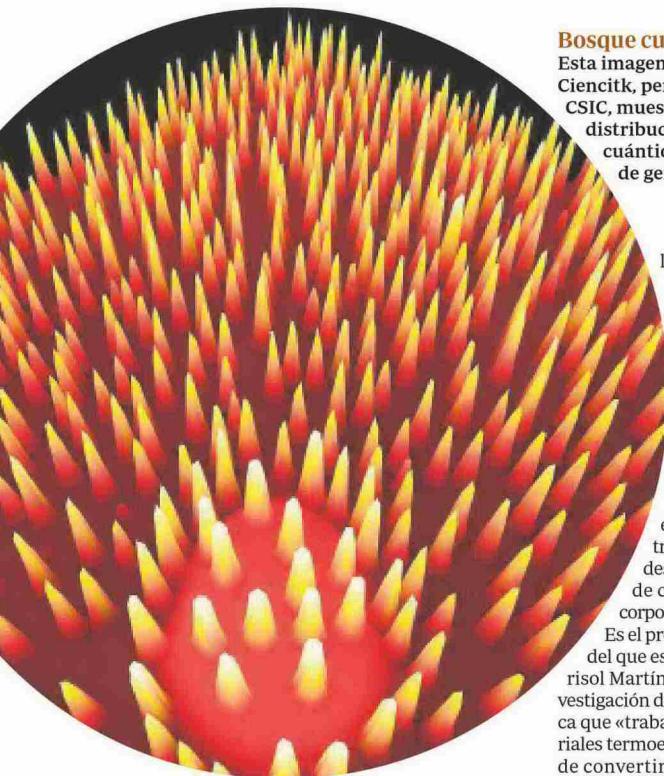
«Hay una explosión en nanomedicina porque los fármacos tardan unos 15 años desde los ensayos clínicos hasta su aprobación. Ahora emergen ideas que empezaron en el año 2000. En EE.UU. ya hay cien nanofármacos. En cambio en alimentación o cosmética empezaron muy rápido, pero con las nuevas regulaciones europeas han frenado el uso de nanomateriales en Europa», explica Serena. Las nanopartículas se usan ya en oftalmología o en vendas contra las infecciones. Un ámbito que se verá impulsado por los fondos europeos del Plan de Salud de Vanguardia que integra la línea de nanofármacos y nanomedicina.

Hay proyectos que abren camino en territorios tan fértiles como el encaps-



►►► **►►►** sulamiento de fármacos para liberarlos de manera controlada en nuestro cuerpo. De hecho, Luis M. Liz-Marzán, profesor de la Fundación Vasca para la Ciencia (Ikerbasque) y Director Científico de CIC biomAGUNE, afirma que las vacunas contra el coronavirus son el resultado de la nanomedicina. «Las vacunas de Covid tienen la característica especial de que el ARNm tiene el efecto terapéutico, pero para conseguir eso necesitan una vehiculización, porque no se pueden administrar directamente. Existen un tipo de sustancias llamadas liposomas usadas desde hace tiempo, incluso en cosmética, y tienen la característica de que pueden contener sustancias que son difíciles de disolver en el torrente sanguíneo y liberarlos en el lugar de acción», afirma el profesor. «Y otro de los ejemplos que suelo poner son los test de antígenos que son resultado de la nanotecnología. Esta tecnología con la que funcionan se asemeja a la que se lleva usando durante años en los test de embarazo, y se basa en usar nanopartículas de oro, que llevan adheridos los anticuerpos específicos para reconocer a los antígenos y que se acumulen en las rayitas del test como resultado», destaca Liz-Marzán. En ese sentido el diagnóstico personalizado se verá revolucionado con la nanotecnología, ajustando el tipo y la dosis de las medicinas a administrar.

Existen también tratamientos basados en nanopartículas para aplicarlos a ciertos tipos de cánceres. «Son nanopartículas de oro que actúan sobre



un tumor, y luego se irradia con un láser de infrarrojo que produce un calentamiento de esas partículas generando la muerte selectiva de las células tumorales», detalla Marzán. Este proceso está relacionado con el desarrollo de la nanofotónica que es el modo de interactuar mediante la luz y el calor con las partículas nanoscópicas para obtener resultados. Y es en lo que trabaja el grupo teórico de Alejandro Manjavacas, científico del CSIC. Lo que plantean en suma, es quemar tumores, una idea que ha recibido una beca de la Fundación BBVA. La nanofotónica supondrá una revolución de la electrónica a futuro. El divulgador Díaz señala que «uno de los problemas que tiene la electrónica es que

## Bosque cuántico

Esta imagen recogida en Ciencitk, perteneciente al CSIC, muestra una distribución de puntos cuánticos de silicio de germanio

Ilegamos a los límites de la miniaturización con los transistores, y los láseres son una alternativa».

## Energía

Otro sector en boga de la nanotecnología es el energético y un trabajo español que destaca es el intento de convertir el calor corporal en electricidad. Es el proyecto PowerbyU, del que es responsable Marisol Martín, profesora de investigación del CSIC, que explica que «trabajamos con materiales termoeléctricos, capaces de convertir la diferencia de temperatura en electricidad. Lo hemos aplicado para el tubo de escape de un coche que suelta gases a 400 °C y aprovechando la diferencia de temperatura con el aire convertirla en electricidad para el coche. Ese fue el proyecto anterior, y lo que quiero hacer ahora es usar el que nuestro cuerpo está a unos 36°C, con lo que hay una diferencia con el entorno». Con esa pequeña diferencia de temperatura pretende generar electricidad en torno a mil milivatios para dar energía a 'wearables', marcapasos o dispensadores de insulina, es decir dispositivos de ocio o médico que uno tiene que llevar encima.

«Todo ello supone ahorro y eficiencia energética porque si todos nos convertimos en una

batería, no hay que estar cargando los dispositivos, sino que se autocargan. Y a su vez es más seguro porque en el caso de dispositivos médicos se te puede olvidar recargarlos, y eso ya no depende de ti», afirma Martín.

El uso de nanorobots es también un planteamiento disruptivo. Salvador Pané, profesor en el Instituto de Robótica y Sistemas Inteligentes y codirector de Multi-Scale Robotics Lab en el ETH Zurich, habla de nanorobots magnéticos que «son estructuras en las que puedes controlar su trayectoria y velocidad». Explica que «su funcionamiento es bastante simple, cualquier persona ha jugado con un imán y trozos de partículas que son magnéticas como clavos de hierro o agujas. El principio es el mismo, aunque más sofisticado para poder controlar el movimiento de estructuras. Mediante una fuerza parecida a la que ejerce el imán con los metales aplicada desde el exterior, el nanorobot camina dentro del cuerpo».

## Transversalidad

Estos nanorobots se podrían usar para administrar dosis calibradas de fármacos, reduciendo a casi diez veces la cantidad de fármaco que se administraría de la forma clásica. También podría estimular células nerviosas mediante impulsos eléctricos para hacer que los tejidos se regeneren, y sería útil en lesiones de la médula espinal. Se ha llegado a plantear el uso de nanorobots para el tratamiento de la infertilidad, el llamado 'spermobot' envolvería la cola de los espermatozoides para impulsarlos al óvulo.

Y un área pujante es el de la cosmética, que usa la nanotecnología para resolver el problema de la penetración en las diferentes capas de piel de retinol, ácido hialurónico o vitamina C. Sesderma, es una compañía española que desde 2008 usa la nanotecnología.

La transversalidad de la nanotecnología permite saltar de la cosmética a la construcción con una fórmula para que los ladrillos almacenen energía y puedan usarse como baterías. Su funcionamiento consiste en rellenar los poros del ladrillo con unas nanofibras de un plástico conductor, sería una alternativa low cost a las baterías de litio, según decía el investigador Julio D'Arcy. En suma, parafraseando a los premios Nobel de química de 2016, con la nanotecnología se conseguirá una revolución como la que supuso los coches, pero acabamos de inventar las ruedas. Aún queda mucho.

## Actores principales

Los 'nanodominadores'

# 2.000

«El Gobierno de EE.UU invierte unos dos mil millones de dólares al año en nanotecnología», apunta el profesor Pedro Serena

# 42%

Según Journal Citation Reports (JCR) el 8% de todas las publicaciones científicas en todo el mundo se centran en nanotecnología. Y más del 42% en 2021 han sido publicados por chinos

## Número de publicaciones internacionales

	2021	2012
1  China	96.972	28.538
2  EE. UU.	25.571	20.487
3  India	21.193	6.181
4  Irán	12.236	3.667
5  Corea del Sur	11.638	6.939
6  Alemania	9.838	7.144
7  Japón	8.344	6.775
8  Arabia Saudí	7.866	928
9  Rusia	6.904	2.896
10  Reino Unido	6.786	3.708
...		
13  España	5.568	3.559

## Patentes en Europa

	2021	2013
1  EE. UU.	879	350
2  Alemania	330	243
3  Japón	233	134
4  Corea del Sur	242	55
5  Francia	247	145
6  China	141	16
7  Reino Unido	113	38
8  Suiza	117	47
9  Italia	68	37
10  Países Bajos	68	45
...		
14  España	36	10

## Patentes en EE. UU.

	2021	2013
1  EE. UU.	4.889	3.615
2  China	824	270
3  Corea del Sur	826	501
4  Japón	666	587
5  Taiwán	556	425
6  Alemania	274	248
7  Arabia Saudí	226	25
8  Francia	209	176
9  Canadá	146	85
10  Reino Unido	175	87
...		
21  España	33	13

Fuente: CSIC/StatNano