

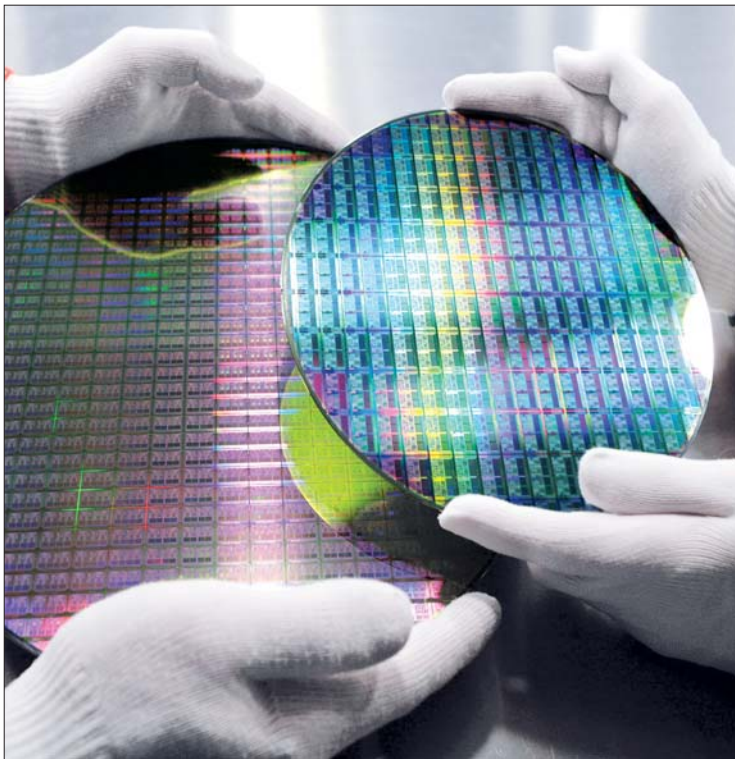
UN NEGOCIO DE RIESGOS DIMINUTOS

▶ *Las insólitas propiedades de diminutas partículas son una enorme promesa. Pero nadie sabe qué tan seguras son. Y a pocas personas les interesa averiguarlo*

Con ademán acusador y agitando un paquete de nanotubos de carbono ante los políticos estadounidenses reunidos en una audiencia del Congreso, el mes pasado, Andrés Maynard parecía decidido a probar un argumento. El experto en nanotecnología del Centro Woodrow Wilson en Washington DC había comprado por Internet los diminutos tubos. Y habían llegado por correo con una hoja de seguridad que los describía como hechos de grafito y que no requerían ninguna precaución especial más allá de las necesarias para cualquier "polvo molesto".

El histrionismo del doctor Maynard tenía el propósito de llamar la atención sobre la creciente preocupación respecto de la seguridad de la nanotecnología. La hoja de advertencias que recibió era, en el mejor de los casos, inexacta; y en el peor, muy negligente. Para empezar, describir nanotubos de carbono como grafito es igual a describir un pedazo de carbón como un diamante. El grafito está hecho de carbono, igual que el nanotubo, aunque los tubos son casi un millón de veces más pequeños que el grafito que compone la punta de un lápiz. Los nanotubos de carbono pueden ser completamente seguros pero, por otra parte, pueden tener propiedades parecidas al asbesto. Nadie lo sabe. En efecto, la industria, las entidades reguladoras y los gobiernos saben poco sobre la seguridad general de toda la clase de materiales elaborados en tamaños increíblemente pequeños.

Esta falta de conocimiento es tan grande que, paradójicamente, la investigación puede ser un problema adicional. Vicki Colvin, profesora de química en la Universidad Rice, de Texas, y uno de los principales expertos del mundo en investigación sobre riesgos de la nanotecnología, dijo en la misma audiencia: "Si se financian cinco equipos para entender la toxicidad de la nanotecnología y se obtienen cinco respuestas diferentes, la inversión en investigación resulta perjudicial, porque crea incer-



Escena en Advanced Micro Devices Inc., una de las máximas productoras de microprocesadores, en su sede de Dresde, Alemania ■ Foto Ap

tidumbre. La mala noticia es que, ahora mismo, hay en camino más de cinco opiniones diferentes sobre la toxicidad de los nanotubos de carbono".

En los años recientes el número de bienes de consumo que afirman usar nanotecnología creció de manera dramática: a casi 600 de golpe. Las patentes se registran con rapidez (VER GRÁFICA 1). Para que un producto califique como nanotecnología no tiene que contener una máquina diminuta, aunque algunos visionarios imaginan que ése es el objetivo último del campo tecnológico. Es suficiente con que algún material se haya probado en pequeña escala. A menudo esto implica moler una sustancia en partículas que pueden ser de sólo unos nanómetros (un nanómetro es un milmillonésimo de metro), casi la cienmilésima parte del grosor de una hoja de papel. Estas partículas pueden también manipularse en formas que proporcionan alguna propiedad funcional, como la rigidez. La variedad de formas abarca anillos, conchas, cables, cuentas, jaulas y platos. Las partículas y formas pueden también incorpo-

rarse a otros materiales para otorgarles propiedades útiles.

Querida, encogí la plata

Algunos productos de nanotecnología se aplican directo sobre la piel, como cosméticos y cremas solares. El dióxido de titanio se usa con frecuencia como pigmento blanco en la crema solar. Aún molido en nanopartículas, puede bloquear la dañina radiación ultravioleta, pero permite que la luz visible pase directamente, lo que hace que las modernas cremas solares parezcan por completo transparentes, aunque ofrecen la misma protección que el antiguo producto blanco.

En la actualidad, muchos productos traen integradas nanopartículas de plata. En esas minúsculas dimensiones, la plata puede tener propiedades antimicrobianas. Las nanopartículas resultan útiles si uno desea matar gérmenes, por ejemplo en chupones para bebés, ositos de felpa, lavadoras, palillos y ropa de cama. Por tanto, la nanotecnología puede usarse para preparar comida, con frecuencia mediante nanopartículas de plata en el equipo de preparación de alimentos. La industria alimentaria intenta también reestructurar ingredientes a nanoescala para incluir partículas metálicas en complementos alimenticios y obtener productos que engorden menos.

Todo eso suena alarmante, pero la evaluación del riesgo reclama mayor perspectiva. Ya estamos rodeados de nanopartículas de una clase o de otra. La mayor parte de los alimentos que comemos contiene componentes "nanoreducidos" de manera natural. Cada persona aspira al menos 10 millones de nanopartí-

culas por minuto. La mayor parte son inofensivas.

El problema es que algunas —como las partículas de los gases de combustión de motores a diesel— causan serios problemas de salud. Además, a pesar de cientos de años de experiencia en química, no es fácil predecir la manera en que se comportará una sustancia cuando se empequeñece demasiado. Lo que significa que no podemos estar seguros de cómo afectará nuestra salud.

Las versiones "nanoparticuladas" de un material pueden actuar de maneras muy nuevas, como la plata, que es lo que las hace tan útiles. Cuando son muy, muy pequeñas, algunas materias como el cobre, que es suave, pueden endurecerse. Los materiales como el oro, que no reaccionaría a otras sustancias, se vuelven reactivos. Y cuando se han encogido, otros materiales como el carbono, que es perfectamente seguro, podrían resultar inseguros. Cierta investigación sugiere que las nanopartículas de sustancias inofensivas pueden volverse excepcionalmente peligrosas.

La razón de este cambio es que una cosa diminuta tiene una gran superficie en relación con su masa. Los átomos sobre la superficie de un material son por lo general más reactivos que los de su interior (esta es la razón por la cual los polvos se disuelven más rápido que los sólidos). La mitad de los átomos de una partícula de cinco nanómetros está en su superficie, lo cual puede hacerla muchas veces más tóxica de lo que sería por su solo peso. Y las nanopartículas son lo bastante pequeñas como para transportarse más fácil en el cuerpo humano y de nuevas maneras en el ambiente.

La investigación en animales sugiere que las nanopartículas pueden incluso evadir algunos de los sistemas de defensa naturales del cuerpo y acumularse en cerebro, células, sangre y nervios. Los estudios muestran que existe la posibilidad de que tales materiales causen inflamación pulmonar; se desplacen de los pulmones a otros órganos; tengan una sorprendente toxicidad biológica; se trasladen desde el interior de la piel al sistema linfático, y tal vez se desplacen a través de las membranas celulares. Además, estos efectos varían cuando las partículas son manipuladas para darles otras formas. En la actualidad, no hay manera de saber cómo se comportará cada forma, excepto en un experimento.

La Real Sociedad Británica estaba tan preocupada por todo esto que en 2004 recomendó que las nanopartículas fueran tratadas como sustancias completamente nuevas. La Comisión Europea concluyó que cada

nuevo material debería evaluarse por separado. Sin embargo, es difícil conocer los riesgos ambientales, de salud y de seguridad (conocidos en conjunto como EHS, por sus siglas en inglés).

Muchos gobiernos sostienen la opinión de que, en términos de seguridad del producto, la nanotecnología no cambia nada. La responsabilidad de manejar los riesgos EHS sigue siendo de las propias empresas. Las compañías deben asegurarse de que las mercancías que producen son seguras para los consumidores, que sus trabajadores están sanos y que sus fábricas y productos no causan daños al ambiente. En general, es un procedimiento adecuado en una economía de mercado, pero en el caso de las nanopartículas resulta demasiado optimista por las incertidumbres.

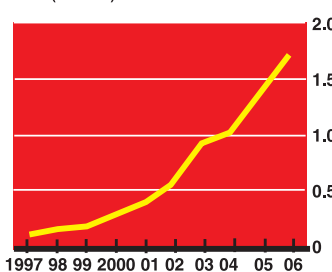
En ausencia de una firme orientación gubernamental en cuanto a las pruebas que se requieren para cerciorarse de que un producto es seguro, las empresas conciben la suya. Michael Holman, analista de Lux Research, consultoría de tecnología emergente con sede en Nueva York, dice que las empresas más grandes pueden enfrentar la investigación porque están más familiarizadas con los riesgos de responsabilidad y regulación. Pero la labor está más allá de algunas pequeñas empresas. "Conversamos con ellas y nos dicen que sólo hacen dióxido de titanio y no tienen ninguna preocupación porque es un material seguro; pensamos que se hacen los desentendidos respecto de los riesgos EHS", dice.

Los analistas del Lux consideran que las aplicaciones que pueden causar las mayores las preocupaciones (reales y percibidas) son las destinadas a tener contacto con el cuerpo: cosméticos, aditivos alimentarios, sistemas de liberación de fármacos, terapias novedosas, así como recubrimientos y tratamientos textiles. Pero afirman que hay también mucha incertidumbre sobre lo que pasa con estas sustancias al final de sus vidas. Los nanotubos de carbono se han usado durante años en la industria y han sido integrados en materiales como el plástico para aumentar su dureza y proporcionar conductividad eléctrica a componentes que han pasado por pintado electrostático. Pero no se sabe aún, por ejemplo, si pueden penetrar los mantos acuíferos cuando los productos que los contienen se derramen o se rompan.

Las empresas tienen motivos para elaborar productos seguros. Pero la tentación para una empresa, sobre todo si es pequeña, es invertir su precioso presupuesto de investigación en nuevos productos más que en investigaciones básicas sobre seguridad de la nanotecnología, algo que beneficiaría a todos, incluso a sus competidores. Dejan los

Apostar por lo pequeño

Patentes de nanotecnología, EU (miles)



Fuente: Lux Research, "Reporte de nanotecnología 5a edición" La Jornada

GRÁFICO 1

► riesgos a las aseguradoras. Sin embargo, Swiss Re, una de las más grandes compañías de seguros y de las primeras interesadas en nanotecnología, considera que éstas no son aún capaces de evaluar los riesgos.

Una esperanza es que las aseguradoras exijan mayor certeza. La otra, considerando los principios fundamentales que aún deben establecerse, es que algo del dinero gubernamental que fluye a la nanotecnología (VER GRÁFICO 2) se desvíe a la investigación sobre seguridad básica que la tecnología necesita para prosperar.

Irregulares, por decir lo menos

Aunque el grito de alarma favorito de los científicos sea "se necesita más investigación", el grado y la frecuencia de su grito sugieren que, tratándose de nanotecnología, quizá tengan razón. La Asociación de Industrias de la Nanotecnología, organismo comercial británico para las empresas que funcionan en el sector, desea una mejor coordinación en la manera en que se gasta el dinero para investigación sobre riesgos de la nanotecnología. De acuerdo con Steffi Friedrichs, directora de la asociación, "los actuales proyectos de investigación y sus resultados son irregulares, por decir lo menos". La investigación tiende a concentrarse en áreas que interesan a los científicos, y no en lo que sería más útil para la industria en su conjunto, sin hablar de la protección de los consumidores. Durante años ha habido quejas sobre la falta de organización y liderazgo.

A principios de este año, el Consejo para la Ciencia y la Tecnología, que asesora al gobierno británico, advirtió que el progreso en investigación de riesgos sobre toxicología, salud y efectos ambientales de los nanomateriales era mucho más lento de lo prometido. El consejo expresó que había "una necesidad apremiante" de un programa estratégico de inversión.

La historia es la misma en Estados Unidos, donde la coordinación y planeación de la investigación de riesgos también se ha llevado más años de lo que cualquiera se imaginaría. Esto frustra a Brian Baird, presidente de uno de los comités de ciencia del Congreso. El 31 de octubre dijo a la gubernamental Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI, por sus siglas en inglés), que no era aceptable que su estrategia EHS y su plan de ejecución no se hubiesen materializado casi 18 meses después de lo que estaba previsto. La simple prudencia, expresó, sugiere que urge asegurarse de que el trabajo esté al nivel, o incluso sobrepase el ritmo de comercialización.

Estados Unidos invierte el mayor monto en investigación EHS en nanotecnología. Depen-



Bloqueador solar elaborado con nanopartículas de óxido de zinc ■ Foto tomada de <http://www.penmedia.org/stock/images>

diendo de quien hace las cuentas, va de 11 millones de dólares (mdd) a 60 mdd. Pero respecto de la cifra mayor, la que maneja el gobierno, nadie es capaz de decir con precisión lo que se compra. Con independencia de la cifra real, el doctor Maynard, el que agita nanotubos de carbono frente al Congreso, dice que se requieren al menos 100 mdd anuales durante los próximos años para financiar la investigación contenida en apenas unas cuantas preguntas básicas. El año pasado, con otros importantes científicos, publicó un ensayo en la revista *Nature*, donde esboza el programa de investigación necesario para colocar el conocimiento de los riesgos de la nanotecnología sobre bases más firmes.

¿Cuáles son los hallazgos más importantes que ese programa podría producir? El doctor Maynard dice que le gustaría ver la manera de medir la exposición a

nanopartículas en aire y agua; un método para obtener una idea aproximada de lo que podría ser la toxicidad de una nanopartícula, de forma ideal con algunas pruebas rápidas y básicas que pudieran informar a científicos y empresas de las rutas más prometedoras (y más seguras), y de las directrices para trabajar de manera segura con nanopartículas, incluidos la limpieza de derrames y el manejo de desechos.

Esto es fácil decirlo, pero falta mucho para que suceda. A algunos científicos en Estados Unidos les preocupa un conflicto de intereses en la NNI, porque al mismo tiempo debe promover la nanotecnología y reducir sus riesgos. De hecho, es más probable que la inercia surja cuando 23 agencias gubernamentales se tengan que poner de acuerdo sobre una agenda de investigación. Clayton Teague, director de la NNI, no tiene autoridad para obligar a nadie.

Esto aumenta la incertidumbre sobre la seguridad de la nanotecnología y vuelve difícil la pregunta sobre si se requiere más regulación. La legislación actual se basa en una cierta capacidad de medir y supervisar materiales, y calcular el riesgo. En Europa, los legisladores han concluido que, aunque los nanomateriales están protegidos por las normas vigentes, esto no contará mucho a no ser que se tenga un modo de identificar peligros y evaluar riesgos.

Terry Davies, uno de los socios de Recursos para el Futuro, grupo de expertos en econo-

mía con sede en Washington DC, y ex subdirector de la Agencia de Protección del Ambiente, dice que la legislación estadounidense, como la relativa al aire y agua limpios, está basada totalmente en normas y en la capacidad de supervisarlas. "No tenemos ni la menor idea de qué normas existen para las nanopartículas en aire o agua", dice. Ahora se efectúa algún muestreo de las partículas aerotransportadas, pero no está aún muy claro lo que debe supervisarse. Y en el agua no hay ninguna capacidad para monitorear la presencia de nanomateriales. Incluso, si estas cosas pudieran medirse, añade, nadie sabe cómo controlarlas.

Pesando lo más pequeño

La administración de riesgos en nanotecnología es una enorme empresa que tardará años en desarrollarse y que requiere de una planeación y coordinación cuidadosas, dice la doctora Colvin. Dependerá también de que científicos del mundo entero trabajen en forma conjunta. Y podrían comenzar por ponerse de acuerdo sobre una terminología común y algunas capacidades e instrumentos básicos, como la manera de medir nanomateriales, identificarlos y asegurar su pureza. En este momento es casi imposible pesar con exactitud una partícula de 10 nanómetros. Todo este trabajo es coordinado por la Organización Internacional de Normas en Ginebra, y por lo visto un día podrá hacerse.

Mientras tanto, la nanotecnología se integra a la economía global. De acuerdo con Lux Research, esto podría favorecer la fabricación de productos por miles de millones de dólares en 2014, desde cremas faciales hasta chips de computadoras y tableros de automóviles. En su mayoría, los riesgos de estos productos serán muy bajos o inexistentes. En la industria informática, por ejemplo, hacer relieves cada vez más pequeños sobre la superficie de un chip probablemente no implique gran riesgo para los usuarios de computadoras. Los automovilistas quizá tienen poco que temer de los nanotubos de carbono que se incrustan en las puertas de los automóviles para hacerlas más resistentes ante una

colisión. Pero lo que sucede con esos productos al final de su vida sigue siendo una incógnita.

Al mismo tiempo, nadie quiere sofocar la innovación y beneficios potenciales que promete la nanotecnología. Las partículas ultrapequeñas que son capaces de entrar en el cerebro podrían usarse para administrar tratamientos para enfermedades cerebrales. Los nanomateriales tienen también enorme potencial para hacer mejores pilas, generar *energía verde* y producir agua limpia. No es sorprendente que los gobiernos hayan estado tan entusiasmados en financiar la investigación en este campo. Más lentos en llegar han sido el liderazgo y el financiamiento necesarios para la investigación de riesgos, y asegurarse de que las agencias actuales pueden regular un área grande, nueva, y poco comprendida. Mihail Roco, consejero principal de la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos y uno de los arquitectos de la NNI, escribió a principios de este año que la investigación y desarrollo en nanotecnología ha avanzado más rápido que la capacidad de las entidades reguladoras para evaluar su impacto ambiental y social.

Los científicos no piensan que las nanopartículas sean intrínsecamente inseguras, sólo que hay una enorme laguna en la comprensión de sus efectos. Sin embargo, la legislación sobre seguridad no podrá funcionar hasta que los productos de la tecnología se conozcan mejor.

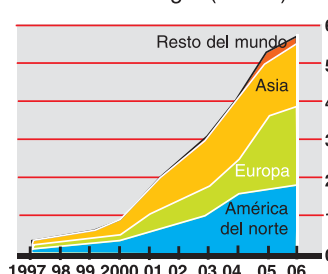
A plazo más largo, los investigadores creen que podrán inventar un marco para entender las nanopartículas y predecir lo que representa un riesgo antes que se elabore. Esto permitiría que la ciencia, la tecnología y las empresas se enfocaran en los materiales que con mayor probabilidad sean benéficos y provechosos.

Si se hubiera abierto la bolsa que el doctor Maynard llevó al Congreso y se dispersaran sus nanotubos de carbono en el aire, ¿se habría causado algún daño? Probablemente no. Pero, como respuesta, "probablemente" no es suficiente.

FUENTE: EIU

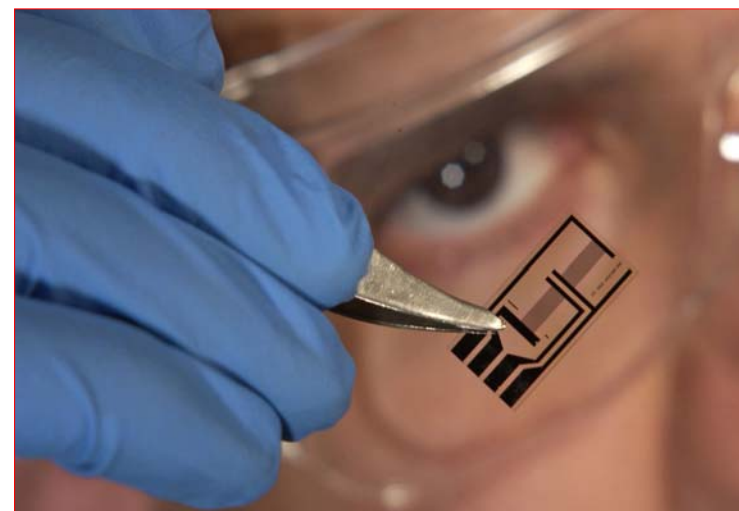
Derroche en investigación

Inversión gubernamental en nanotecnología (mdd)



Fuente: Lux Research, "Reporte de nanotecnología 5a edición" La Jornada

GRÁFICO 2



Un nanomicrochip ■ Foto tomada en <http://www.oecd.org/vgn/images/portal>