



XI Seminari de l' ODG:
"Per a qui fem la ciència i la tecnologia? Conseqüències en el Nord i el Sud"
Terrassa, 7 d'octubre de 2006
www.observatorideute.org



Càtedra UNESCO de Sostenibilitat



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

I. LOS PROBLEMAS DE LA NANOTECNOLOGIA¹

Silvia Ribeiro²

Las nanotecnologías prometen beneficios de todo tipo, desde aplicaciones médicas nuevas o más eficientes a soluciones de problemas ambientales y muchos otros; sin embargo, la mayoría de la gente todavía no sabe de qué se trata.

Las nanotecnologías son un conjunto de técnicas que se utilizan para manipular la materia a la escala de átomos y moléculas. Nano es una medida, no un objeto. A diferencia de la biotecnología, donde "bio" indica que se manipula la vida, la nanotecnología habla solamente de una escala.

Un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro. Para comprender el potencial de esta tecnología es clave saber que las propiedades físicas y químicas de la materia cambian a escala nanométrica, lo cual se denomina efecto cuántico. La conductividad eléctrica, el color, la resistencia, la elasticidad, la reactividad, entre otras propiedades, se comportan de manera diferente que en los mismos elementos a mayor escala.

El oro se ve amarillo a simple vista mientras que las nanopartículas de oro son rojas. El dióxido de titanio que se usa desde hace décadas como protector solar y aditivo alimentario es blanco, pero a nanoescala es transparente. El grafito que encontramos en los lápices se compone solamente de átomos de carbono y es muy blando, pero los mismos átomos de carbono, estructurados como nanotubos (llamados fulerenos), forman materiales más resistentes que el acero y mucho más livianos.

Las aplicaciones más usadas comercialmente a escala mundial son las nanopartículas -fabricadas para cambiar las propiedades que tienen esos elementos a mayor tamaño o combinarlas con otros materiales otorgándole nuevas propiedades- y las nanocápsulas, pequeños contenedores de sustancias para su liberación controlada, por ejemplo en administración de medicamentos, cosméticos, o agrotóxicos, que no se liberan hasta entrar en contacto con ciertos tejidos en humanos, animales o plantas.

En el mercado ya existen cerca de 475 productos que usan nanotecnología: protectores solares, cosméticos, aditivos alimentarios, plaguicidas, textiles (por ejemplo en camisas y pantalones), barnices, recubrimientos y membranas que se aplican a artículos del hogar, chips electrónicos, sensores y dispositivos para diagnóstico. La Fundación Nacional de la Ciencia de Estados Unidos estima que en 2012 la mitad de la industria farmacéutica se basará en la nanotecnología.

¹ Publicado en: *La jornada*, México, 23/09/2005

² *Investigadora del Grupo ETC*

Esta serie de artículos está basada en el trabajo colectivo del Grupo ETC

www.etcgroup.org



XI Seminari de l' ODG:
"Per a qui fem la ciència i la tecnologia? Conseqüències en el Nord i el Sud"
Terrassa, 7 d'octubre de 2006
www.observatorideute.org

Pese a que la nanotecnología ya está ampliamente en contacto con nuestra vida cotidiana, casi no existen estudios sobre sus potenciales efectos negativos. Hay escasos estudios sobre los problemas que podría acarrear en la salud y el ambiente, y prácticamente ninguno en torno al impacto político, militar y en las economías, sobre todo de los países del sur.

Para tomar uno de los aspectos que más preocupan, veamos qué se sabe respecto a los impactos en la salud.

En 1997 investigadores de la Universidad de Oxford y la Universidad de Montreal mostraron que el dióxido de titanio y el óxido de zinc usados como nanopartículas en la mayoría de los bloqueadores solares producen radicales libres en las células de la piel, dañando el ADN. Ambas sustancias se usan hace décadas como protectores solares, pero debido a que son blancos y opacos en su formulación de mayor tamaño sólo los usaban quienes tenían más exposición al sol a causa de su trabajo. Ahora, al ser transparentes, se ha generalizado su aplicación.

El mismo efecto de producir radicales libres se observó en cosméticos que usan nanopartículas (la mayor parte de las cremas antiarrugas y otros cosméticos de efecto rápido), convirtiéndolas en una contradicción en sí mismas, ya que los radicales libres aceleran el envejecimiento de las células.

L'Oreal, una de las empresas que más utiliza este sistema, conoce estos efectos y alega que ha recubierto las nanopartículas con otras sustancias, además de agregarles factores que combaten los radicales libres que originan. Imaginen el cóctel que uno se aplica en la piel.

En 2002, el Centro de Nanotecnología Biológica y Ambiental de la Universidad de Rice, Houston, informó que las nanopartículas se acumulan en los órganos de animales de laboratorio (hígado y pulmones). Esto podría dar origen a tumores, al igual que el daño del ADN. Los nanotubos, similares a finísimas agujas, podrían clavarse en los pulmones con efectos parecidos al que provoca el asbesto. En 2003 en un estudio solicitado por el Grupo ETC, el tóxico-patólogo Vyvyan Howard concluyó que el tamaño de las nanopartículas, más que el material que las constituye, es un riesgo en sí mismo porque aumenta exponencialmente su potencial catalítico y el sistema inmunológico no las detecta, pese a que atraviesan, por ejemplo, la barrera sanguínea que rodea el cerebro, con efectos potencialmente tóxicos por sí mismas o por lo que pueda adherirse a ellas y pasar de polizón.

En 2004, Howard informó en una conferencia mundial sobre nanotoxicidad que las nanopartículas se mueven de la madre al feto por medio de la placenta. Ese mismo año un informe presentado en la reunión de la Asociación Americana de Química mostró que las nanoesferas de carbono disueltas en agua, simulando un grado de contaminación ambiental común, dañan el cerebro de los peces y provocan mortandad en pulgas de agua.

Estamos ante la liberación masiva al ambiente, al cuerpo humano, animal y vegetal, de partículas construidas artificialmente para las que los organismos no tienen ninguna prevención.



II. Los problemas de la nanotecnología: salud y ambiente³

En los años recientes, un número creciente de informes científicos y gubernamentales han alertado que las partículas construidas artificialmente a nano escala (un manómetro es la millonésima parte de un milímetro), podrían presentar nuevos riesgos a la salud y al medio ambiente. En un informe de la Royal Society y la Real Academia de Ingeniería del Reino Unido de 2004, se concluye que las nanopartículas y los nanotubos se deben considerar químicos nuevos, y como tales ser objeto de evaluación y precaución.

Un nanotubo es una fibra hueca construida a partir de la estructura molecular del carbono C60, el cual, por sus propiedades únicas de alta resistencia, conductividad eléctrica, conductividad térmica y elasticidad, se usa en numerosas industrias, desde la electrónica y la ingeniería de materiales hasta la industria biomédica.

Cientos de productos que contienen nanotubos o nanopartículas de diferentes elementos circulan en el mercado sin etiquetado ni advertencia, ya que prácticamente no existen regulaciones sobre este tipo de partículas. Es preocupante porque pueden estar en contacto con nuestra piel, por medio de cosméticos y bloqueadores solares; también en los campos agrícolas, como plaguicidas nanoencapsulados; en nuestros refrigeradores, como aditivos alimentarios, y en nuestro cuerpo, como vehículos para la administración de medicamentos. Además, están presentes en materiales que componen muchos objetos de uso cotidiano, como prendas de vestir (camisas y pantalones "que no se manchan"), artículos de cocina de teflón, filtros de lavarropas, coberturas de hornos, neumáticos de automóviles, pantallas de televisión, teléfonos celulares y muchos más.

El supuesto es que como los materiales que se usan, en general ya están bajo regulación, la nueva formulación en nanopartículas se comportaría de la misma forma. Hay crecientes evidencias de que no es así. Aunque en la naturaleza existen nanopartículas, por ejemplo, en cenizas volcánicas o en nanocristales de sal en el aire del océano, nunca habíamos estado expuestos a las nanopartículas artificiales que se están produciendo ahora.

Uno de los problemas es el tamaño de las nanopartículas. Con la miniaturización aumenta la superficie de contacto, y por tanto el potencial reactivo o catalítico de los elementos. Mientras más pequeña es una partícula mayor es su reactividad, por lo que una sustancia que es inerte en la escala micro o macro puede mostrar características dañinas en la escala nano. Por su tamaño, penetran a través de la piel y el torrente sanguíneo, y el sistema inmunológico no las reconoce. Al entrar en contacto con tejidos vivos, las nanopartículas pueden ser origen de la aparición de radicales libres, causando inflamación o daño a los tejidos y posterior crecimiento de tumores.

Si bien los consumidores ya corremos estos riesgos, un grupo particularmente expuesto a los efectos de las nanopartículas son los trabajadores que participan en el

³ Publicado en: *La jornada*, México, 28/09/2005



XI Seminari de l' ODG:
"Per a qui fem la ciència i la tecnologia? Conseqüències en el Nord i el Sud"
Terrassa, 7 d'octubre de 2006
www.observatorideute.org

proceso de fabricación o en la manipulación continua de los materiales que las contienen. En octubre de 2004, autoridades de salud del Reino Unido (UK Health and Safety Executive) estimaron que más de 10 mil trabajadores estarían expuestos en su región, y concluyeron que se necesitan evaluaciones sobre los riesgos de trabajar con nanopartículas, además de que no se usan métodos efectivos de protección para evitar la ingestión, inhalación o exposición cutánea de nanopartículas en la producción.

En 2005, una autoridad similar en Estados Unidos (US National Institute of Occupational Safety and Health) informó que encontraron daños significativos del ADN en el corazón y arterias de ratones expuestos a nanotubos de carbono. En el mismo año, otro estudio de la NASA, reportó que la inyección de nanotubos de carbono comercialmente disponibles provocaron daños significativos en pulmones de ratas. Los investigadores dijeron que la dosis inyectada era equivalente a 17 días de exposición de un trabajador.

También en 2005, investigadores de la Universidad de Rochester reportaron que conejos sometidos a la inhalación de nanoesferas de carbono mostraron un aumento en la susceptibilidad a formar coágulos sanguíneos.

A principios de septiembre de 2005, la Asociación Australiana de Sindicatos (ACTU, por sus siglas en inglés) exigió al Senado una investigación sobre los riesgos de la exposición laboral a polvos tóxicos, incluyendo nanopartículas, amenazando inclusive con paralizar la producción si no se toman medidas urgentes.

En la reunión de la Asociación Americana de Química, del año 2005, se presentó un informe, el cual muestra que las nanopartículas de carbono se disuelven en agua, contradiciendo el conocimiento científico existente, y que aun en concentraciones muy pequeñas, son tóxicas para las bacterias del suelo, levantando un alerta sobre la interacción con los ecosistemas naturales. Desde 2003, un estudio publicado en la revista científica Nature mostraba que las nanopartículas pueden ser absorbidas por las lombrices y otros organismos del suelo, con la posibilidad de que asciendan en la cadena alimentaria, llegando, inclusive, a los humanos.

Ya existen muchas fuentes de difusión de daños al medioambiente por compuestos formulados a nano escala. Por ejemplo, los desechos de laboratorio o producción industrial de nanopartículas se descartan como basura común. Más grave: multinacionales productoras de transgénicos, como Syngenta, Bayer, BASF y Monsanto están investigando o produciendo plaguicidas en nano cápsulas, algunos de los cuales ya están en el mercado, en campos y cultivos.

Al igual que con los transgénicos, pero en una escala mucho mayor, porque toca prácticamente todos los sectores industriales, las empresas y gobiernos ignoran el principio de precaución que debería guiar la liberación al consumo y al medio ambiente de compuestos construidos artificialmente y sin evaluación de sus potenciales impactos negativos.



III. Los problemas de la nanotecnología: omnipatentes⁴

A diferencia de muchas otras tecnologías en sus primeras etapas, la nanotecnología es objeto de voraz interés por parte de las mayores empresas del globo. De las 500 empresas más grandes del mundo, según la revista Fortune, casi todas tienen inversiones en investigación y desarrollo nanotecnológico. En otros casos, las compañías esperaban ver los riesgos antes de invertir. En nanotecnología las trasnacionales se lanzan tras el potencial económico que avizoran si logran agenciarse porciones de ese mercado, el cual, según la Fundación Nacional de la Ciencia de Estados Unidos, superará el billón de dólares en 10 años. Más aún, fuentes de la industria estiman que para 2014 el mercado de los productos comerciales que incorporen nanotecnología tendrá un valor de 2.6 billones de dólares (15 por ciento del valor total de la industria manufacturera), igualando el volumen combinado de las industrias informáticas y de telecomunicaciones, y multiplicando por 10 el de la industria biotecnológica.

Actualmente, junto a mil 200 empresas pequeñas que comenzaron con sectores de la industria nanotecnológica, se encuentran a otras como Exxon Mobil, IBM, Dow Chemicals, Xerox, 3M, Alcan Aluminium, Johnson & Johnson, Hewlett-Packard, Lucent, Motorola, Sony, Toyota, Hitachi, Mitsubishi, NEC, Toshiba, Phillips, Eli Lilly, DuPont, Procter & Gamble, Kraft Foods, General Mills, Nestlé, PepsiCo, Sara Lee, Unilever, ConAgra, L'Oreal, Bayer, BASF.

La nanotecnología se considera una "plataforma tecnológica" sobre la cual se puede transformar drásticamente el actual estado del arte de casi todos los sectores industriales, incluyendo alimentación, agricultura, medicina, electrónica, informática, materiales y manufacturas.

Si los productos que ya están en el mercado nos alarman porque se soslayan sus posibles impactos negativos en salud y ambiente, los impactos económicos y de formación de nuevos monopolios trans-sectoriales deberían alertarnos aún más.

El volumen e historia de las trasnacionales implicadas hace pensar que la batalla en el mercado quedará en manos de las más grandes y agresivas. Pero el factor crucial a priori será quién controla las patentes sobre aspectos claves para el desarrollo de la nanotecnología. Según Mark Lemley, de la Universidad de Stanford: "(...) las patentes arrojarán una sombra mucho mayor sobre la nanotecnología que la que tienen sobre cualquier otra ciencia en un estadio de desarrollo similar".

Para entender de forma simplificada cómo nos afectarán las patentes nanotecnológicas pensemos que fuera posible patentar el nombre "María". En ese caso, todos los que usen ese nombre deberían obtener permiso y pagar regalías al dueño de la patente. Ahora imaginen que fuera posible patentar la letra "a". Patentar elementos, átomos o construcciones moleculares tendría ese efecto: cuanto más pequeño es el objeto de la patente mayores pueden ser los campos que afecta. El premio Nobel de Física Glenn Seaborg sentó un peligroso precedente al patentar en 1964 dos elementos de la tabla periódica: el Americio (95) y el Curio (96).

⁴ Publicado en: *La jornada*, México, 30/09/2005



XI Seminari de l' ODG:
"Per a qui fem la ciència i la tecnologia? Conseqüències en el Nord i el Sud"
Terrassa, 7 d'octubre de 2006
www.observatorideute.org

Según un informe especial del Grupo ETC, titulado Las patentes de nanotecnología más allá de la naturaleza. Implicaciones para el sur global, la fiebre de patentes nanotecnológicas está tomando proporciones epidémicas. Entre 2000 y 2003, el aumento de patentes nanotecnológicas otorgadas por la Oficina de Marcas y Patentes de Estados Unidos aumentó 50 por ciento, llegando a 8 mil 630 en 2003. Los cinco países que lideran la carrera son: Estados Unidos (5 mil 228 patentes), Japón (926), Alemania (684), Canadá (244) y Francia (183). Las cinco entidades que obtuvieron mayor número de patentes fueron IBM, Micron Technologies, Advanced Micro Devices, Intel y la Universidad de California.

IBM es la compañía privada que tiene más patentes nanotecnológicas a escala mundial. Entre las instituciones públicas, quien concentra la mayor cantidad de patentes nanotecnológicas son, en conjunto, o tres cuerpos armados de Estados Unidos, lo cual tiene muchas otras implicaciones que veremos más adelante.

Pero el problema no es solamente la cantidad de patentes. Peor aún es sobre qué se otorgan las patentes y sus alcances. En China, el investigador Yang Mengjun, consiguió 900 patentes sobre hierbas usadas en la medicina tradicional china, alegando formulaciones nanotecnológicas.

Charles Liebner, de la Universidad de Harvard, obtuvo una patente (la cual licenció en forma exclusiva a Nanosys Inc.) sobre nanobarras de óxidos compuestos con metales. La cobertura de la patente abarca óxidos no solamente de un metal, sino de 33 elementos de la tabla periódica (aproximadamente un tercio del total), que cubren 11 de los 18 grupos de elementos existentes. Estas barras tienen usos en múltiples industrias, incluyendo la biomédica, y ha sido identificada por varios abogados de patentes como una de las 10 patentes claves que condicionarán el desarrollo de la industria nanotecnológica.

La Universidad de Kansas obtuvo una patente de otros procesos nanotecnológicos que le otorga la exclusividad de su uso en las industrias farmacéutica, alimentaria, química, electrónica, de catalizadores, polímeros, plaguicidas, explosivos y recubrimientos.

Nunca antes habíamos presenciado un uso tan vasto de un instrumento de apropiación monopólica como las patentes nanotecnológicas. Quienes creen que la nanotecnología puede tener usos benéficos, como hipotéticos ahorros de energía y de recursos, o aplicaciones médicas, o aún más, ilusorio, que "beneficiará a los pobres", deberían repensarlo frente a este panorama. Baste ver cómo las trasnacionales farmacéuticas se comportan con las necesidades de salud pública, sobre todo en el tercer mundo, controlando patentes que no cubren ni una nanofracción del alcance de éstas.



IV. Los problemas de la nanotecnología: convergencia tecnológica y control⁵

Actualmente, la fabricación de nanopartículas y su incorporación a distintos materiales, son los usos comerciales más difundidos de la nanotecnología. Pero el verdadero poder de las ciencias de lo nanoscópico reside en la convergencia de biotecnología, neurociencias, informática, robótica y otras tecnologías. Vislumbraremos mejor la lógica y el poder de esta convergencia si recordamos que los bloques de construcción de toda la materia -viva o inerte- se originan en la nanoescala.

Aun si la nanotecnología se quedara en su primer estadio, la fabricación de nanopartículas de diferentes elementos, tendrá impactos económicos que harán palidecer cualquier revolución tecnológica previa. No sólo mediante las patentes, sino también por la sustitución de materias primas. Las nuevas aleaciones de metales con nanotubos y otras nanopartículas están cambiando la aeronáutica, la construcción de automóviles y otras industrias. Ya está avanzada la sustitución del caucho en neumáticos y del algodón en textiles. En el caso del algodón, con la fabricación de tejidos sintéticos más resistentes y a diferencia del nailon, con la sensación de suavidad y frescura de las fibras naturales. ¿Cuál es el problema? Además de los efectos desconocidos en la interacción con el medio y los organismos, en la producción y quizá también en el uso, el fuerte impacto económico negativo sobre los países productores de algodón: 100 países, entre ellos 22 de los 35 de África que son exportadores, y sobre los cien millones de familias involucradas en su producción.

Pero éstos no son más que los primeros pasos de la nanotecnología. Lo que está en marcha es mucho más, por ejemplo por medio de la nanobiotecnología. Según Rodney Brooks, director del área de inteligencia artificial del Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT, por sus siglas en inglés), "nuestra meta para los próximos 30 años es tener un control tan exquisito sobre la genética de los seres vivos, que en vez de sembrar un árbol, cortarlo y fabricar una mesa con él seamos capaces de hacer que la mesa crezca directamente". Si esto parece lejano, pensemos que ya se pueden fabricar genes y seres vivos artificialmente, y que los planes no son "repetir" la naturaleza, sino crear seres que nunca existieron. Craig Venter, el magnate de la genómica que secuenció el genoma humano como empresa privada, creó este año la compañía Synthetic Genomics justamente con este fin. La empresa se creó con capital de Alfonso Romo y de otro mexicano, Juan Enríquez Cabot, quien es el presidente. Utilizará los datos de organismos marinos antes desconocidos que Venter ha colectado de los mares megadiversos del planeta, incluyendo los de México, Panamá, Ecuador, Polinesia Francesa y Australia.

Todos los seres vivos, con la enorme diversidad que existe en el planeta, están contruidos a partir de cuatro bases químicas que integran el ADN, abreviadas A,C,G y T. En 2003 el Grupo ETC informó de una investigación de la Universidad de Florida para construir una quinta base, llamada F. Posteriormente otros investigadores de la

⁵ Publicado en: *La jornada*, México 04/10/2005



XI Seminari de l' ODG:
"Per a qui fem la ciència i la tecnologia? Conseqüències en el Nord i el Sud"
Terrassa, 7 d'octubre de 2006
www.observatorideute.org

misma universidad construyeron una sexta base y lograron que esta molécula expandida hiciera copias de sí misma por varias generaciones.

Las posibilidades y consecuencias de esta experiencia son graves. Craig Venter logró, en 2003, construir un microorganismo vivo a partir de cero, ensamblando genes según la información de su secuencia genómica. El secretario de Energía de Estados Unidos señalaba entonces el peligro de que estas experiencias fueran usadas con fines bioterroristas o bélicos. No es tranquilizante saber que la marina, el ejército y la aviación de Estados Unidos están entre los iniciadores de la nanotecnología y dedican una parte significativa de su investigación a este rubro. Uno de los proyectos del ejército, junto con el MIT, es el Instituto de Nanotecnologías del Combatiente, donde se trabajan aplicaciones de la nano y tecnologías convergentes para crear nuevas armas militares, inclusive los propios soldados.

Entre las "creaciones" militares destaca el proyecto smart dust, ("polvo inteligente"), que son ejércitos de micro y nanosensores para inspeccionar, evaluar e interactuar con el campo enemigo sin humanos, más que desde una computadora que recibe los datos vía satélite. Este mismo modelo fue adoptado por la Secretaría de Agricultura de Estados Unidos para un proyecto similar de campo inteligente, con capacidad de monitorear y administrar químicos a campos de cultivos, sin agricultores. ¿Quién impedirá, o estará en condiciones de controlar, que estos sistemas no sean utilizados para la vigilancia civil?

Las implicaciones de la nanotecnología son tan amplias que es increíble que se estén desarrollando casi sin ninguna discusión de las sociedades, sobre todo de sus bases. Algunos gobiernos han discutido la necesidad de regulaciones, pero solamente se refieren a limitados impactos ambientales o de salud. Los aspectos económicos, geoestratégicos y de control social no son siquiera nombrados. La mayoría de los científicos están deslumbrados por las posibilidades de esta tecnología y, al igual que con la biotecnología, no cuestionan quién la controla y para qué.

El grupo ETC, que es una de las organizaciones de la sociedad civil que más han trabajado este tema, propone una moratoria global inmediata. Es urgente que la sociedad civil encare este tema, se sume a esta demanda y genere muchas más críticas públicas.