

## **NANOTECNOLOGÍA: ¿BENEFICIOS PARA TODOS O MAYOR DESIGUALDAD?**

GUILLERMO FOLADORI\* I NOELA INVERNIZZI\*\*

### **RESUMEN**

La nanotecnología promete ser la próxima revolución tecnológica. El mercado de nanopartículas es reducido actualmente, pero se espera que en la próxima década se incremente considerablemente. Aunque es frecuentemente presentada como una tecnología limpia y ampliamente benéfica, la nanotecnología ya está generando considerable debate. Rápidamente han emergido controversias a propósito de sus posibles impactos sobre la salud y el medio ambiente. Los potenciales usos militares de la nanotecnología despiertan preocupación. Está en discusión, también, la necesidad de una reglamentación de la producción y comercialización de productos nanotecnológicos y de una mayor participación pública en la orientación de la investigación. Luego de presentar estas controversias, este artículo enfoca los posibles impactos económicos de la nanotecnología y, en particular, sus potenciales efectos sobre la distribución de la riqueza, tema que ha sido poco tratado.

*PALABRAS CLAVE: NANOTECNOLOGÍA, REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA.*

### **1. ¿EL MUNDO FRENTE A UNA NUEVA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA?**

La nanotecnología es la manipulación directa de los átomos y moléculas para formar productos (RS & RAE, 2004).<sup>1</sup> Las aplicaciones actuales de la nanotecnología son reducidas, por lo que es discutible si puede considerarse una revolución tecnológica (Peterson, 2004; Phoenix, 2004). Sin embargo, las perspectivas son de un rápido crecimiento y difusión a varias ramas en la economía en las próximas décadas. Lux Research, una empresa dedicada al estudio de la nanotecnología y sus negocios, estima que la venta de artículos con nanopartículas superará la suma de los 500 mil millones en el 2010 (Baker y Aston, 2005).

\* Profesor del Doctorado en Estudios del Desarrollo, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México.

\*\* Profesora del Sector de Educación, Universidad Federal de Paraná, Curitiba, Brasil.

<sup>1</sup> En la elaboración de este artículo los autores se beneficiaron de la participación en la reunión inaugural de la International Nanotechnology and Society Network (INSN), auspiciada por el Consortium for Science, Policy & Outcomes de la Arizona State University del 26 al 28 de enero de 2005 <[www.cspo.org](http://www.cspo.org)>.

Cuando se analiza un cambio tecnológico es importante distinguir la naturaleza innovadora de la propia tecnología y su capacidad de expansión a las diferentes ramas de la economía del impacto socio-económico que dicho cambio tecnológico pueda ocasionar. En este último sentido, son particularmente relevantes sus efectos sobre la división social del trabajo, la distribución de la riqueza y las clases sociales.

En lo que respecta al cambio tecnológico propiamente dicho, hay dos razones básicas para pensar que estamos frente a una revolución tecnológica. En primer lugar, se trata de construir de lo más pequeño (átomos y moléculas) a lo más grande (producto final) –proceso *bottom-up*–, en lugar de comenzar por la materia física tal como viene dada en la naturaleza, según sus estructuras propias de unión, y reducirla al tamaño de los objetos de uso, como se venía haciendo hasta ahora –proceso *top-down*. A pesar de que este camino ya se conocía en procesos químicos, la novedad radica en que ahora se pueden *manipular directamente* los átomos y moléculas para construir productos (RS & RAE, 2004). En segundo lugar, a ese nivel atómico no hay diferencia entre la materia biótica y la abiótica, de manera que resulta potencialmente posible aplicar procedimientos biológicos a los procesos materiales, o interferir con materiales en los cuerpos vivos, adaptando estos últimos a determinados fines u ofreciendo ventajas particulares, o también crear vida artificial para desempeñar funciones específicas, lo que se conoce como nanobiotecnología.<sup>2</sup>

Según el *Nanotech Report* (Forbes, 2004), entre los primeros productos con contenidos nanotecnológicos comercializados en 2004 se encuentran: calzado térmico (Aspen Aeogels), colchones que repelen sudor y polvo (Simmons Bedding Co.), palos de golf más resistentes y flexibles (Maruman y Co.), cosméticos personales ajustados a edad, raza, sexo, tipo de piel y actividad física (Bionova), vestidos para heridos y quemados que evitan las infecciones (Westaim Corporation), desinfectantes y limpiadores que se aplican a aviones, barcos, submarinos, etc. (EnviroSystems), spray que repele agua y suciedad, utilizado en la industria de la construcción (BASF), tratamiento a los vidrios para repeler el agua, la nieve, insectos, etc. (Nanofilm), crema contra el dolor muscular (CNBC) y adhesivos dentales que fijan mejor las coronas (3M ESPE).

<sup>2</sup> Según el grupo ETC (2004a), las metas de la nanobiotecnología serían, entre otras: a) incorporar materiales no vivos a organismos vivos (para los sistemas de suministro de medicamentos o para sensores que monitoreen la química sanguínea); b) creación de nuevos materiales sintéticos con componentes biológicos (como plásticos con proteínas incorporadas pensando en la auto-regeneración del material); y c) creación de vida artificial para desempeñar funciones industriales (como microorganismos que se alimentarán de los desechos de sustancias industriales o de los gases del efecto invernadero). Algunos de estos organismos artificiales incorporarían materiales sintéticos nano-diseñados.

Aun cuando la nanotecnología está en sus fases iniciales, sus aplicaciones ya abarcan las más diversas ramas de la economía. El Cuadro 1 ofrece ejemplos que muestran los principales nanomateriales, sus propiedades y aplicaciones.

**CUADRO 1. ALGUNAS APLICACIONES ACTUALES DE NANOMATERIALES**

NANOMATERIALES	PROPIEDADES	APLICACIONES
CLUSTERS DE ÁTOMOS		
Quantum wells	Capas ultrafinas de material semiconductor con nuevas propiedades	Láser para CDs, telecomunicaciones, óptica, memorias, monitores
NANO GRANOS		
Nanocápsulas	Destino en tamaño nano de múltiples contenidos	Lubricantes para ingeniería, industria farmacéutica y cosmética (entrega de drogas a células afectadas, lápices de labios, pasta dentífrica, filtros solares, cremas)
Catalíticos	Mejoran la reacción química y pueden ser reutilizados	Materiales, energía, producción de alimentos, salud, agricultura, pinturas, tratamientos de agua, filtros, limpieza de superficies, descontaminación del aire
NANO FIBRAS		
Nanotubos de carbono	50 a 100 veces más fuertes que el acero y 1/6 de su peso	Industria aeroespacial, automotriz, construcción
MATERIALES NANOESTRUCTURADOS		
Nanocompuestos	Compuestos de metales, polímeros y materia biológica que permiten comportamiento multifuncional	Aplicados donde pureza y conductividad eléctrica importan, como microelectrónica, llantas de automóviles, equipos deportivos, ropa, textiles, antisépticos

Fuente: información seleccionada de Huw Arnall (2003), con ejemplos adicionados de diversas fuentes.

Los nanomateriales básicos tienen la característica de poder modificar las propiedades físicas y químicas de relacionamiento con el entorno inmediato. Esto hace a los nanomateriales altamente versátiles para poder ser aplicados a las más diversas ramas de la producción e influir, por lo tanto, revolucionariamente en el desarrollo tecnológico.

Aunque las visiones más radicales de la nanotecnología, como la de Eric Drexler,<sup>3</sup> prevén la producción mediante sistemas de máquinas moleculares capaces de auto-replicarse, los usos actuales de la nanotecnología son más modestos y se restringen básicamente a apropiarse de las ventajas que brindan las propiedades de la materia a nanoescala (Peterson, 2004). La posibilidad de medir y observar propiedades y procesos a nanoescala mediante microscopios sofisticados (*Scanning Tunneling Microscopy* –STM, *Atomic Force Microscope*– AFM y *Transmission Electron Microscopy* –TEM–) ha generado una primera ola de productos nanotecnológicos aplicados a la detección y sensoramiento (Crow y Sarewitz, 2000). A grandes rasgos, se podría decir que la nanotecnología cumple dos funciones interligadas: a) hace el producto más sensible a su entorno, y b) reacciona al entorno, evitando interferencias nocivas para el funcionamiento del producto, corrigiendo impactos no deseados, o generando ventajas al apropiarse de condiciones que antes no podían ser aprovechadas. En términos generales, podría decirse que la nanotecnología se ha venido orientando hacia la sensibilidad y reacción del producto respecto de su entorno. Esto, sin embargo, puede ser considerado un alcance relativo o un avance incremental a nivel técnico, en la medida que puede verse como una sofisticación de la tendencia preexistente a una mayor automatización y retroalimentación de máquinas e instrumentos. No obstante, en términos económicos, la ampliación de estas capacidades por la nanotecnología puede conducir, muy rápidamente, a una notoria diferenciación de productividad frente a procesos productivos competitivos que no utilizan estas ventajas y, consecuentemente, a un rediseño importante de la división internacional del trabajo y la distribución de la riqueza social. Esta cuestión ha sido muy poco explorada en los debates actuales en torno a la nanotecnología. Nos ocuparemos de ella en la tercera sección. Antes nos detendremos en las controversias que han alcanzado mayor gravitación pública.

<sup>3</sup> Eric Drexler es reconocido como “padre de la nanotecnología”. Su libro *Engines of Creation* (1986) difundió su visión radical y futurista de la nanotecnología. Drexler habla de nanomáquinas ensambladoras, capaces de reordenar átomos para construir los más diversos productos –*molecular assemblers*. Al plantear que estas máquinas deberían ser capaces de auto-replicarse para construir productos suficientemente grandes para uso humano generó una gran po-

## 2. CONTROVERSIAS SOBRE LAS IMPLICACIONES SOCIALES DE LA NANOTECNOLOGÍA

Como toda nueva aplicación tecnológica, la nanotecnología no escapa a controversias sobre su función e impacto social. Según los apologistas de la nanotecnología, como algunos voceros de la National Science Foundation de los Estados Unidos, sus implicaciones serán ampliamente benéficas. El proceso de producción *bottom-up* eliminará el desperdicio de la producción, al mismo tiempo que la producción a partir de los elementos químicos básicos volverá superflua la dependencia de los recursos naturales, los que ya no serán demandados, aliviando la depredación. La aplicación al área de la energía ya consigue producir células fotovoltaicas experimentales más baratas y eficientes y baterías con nanopartículas que maximizan el almacenamiento de la energía. En la medicina, se esperan robots micro-quirúrgicos, implante de sensores de alta capacidad, prótesis de alto desempeño y nanosistemas de distribución de las drogas directamente a las células necesitadas. Mediante bionanotecnología se podrán crear seres vivos novedosos, capaces de cumplir tareas necesarias a los procesos médicos o industriales. En la agricultura, nanosensores harán posible reducir sustancialmente el riego y regular la distribución de nutrientes. Muchas regiones del globo se verán beneficiadas por nanoproductos capaces de potabilizar agua a costos muy bajos. En el área de la comunicación, se prevén computadores más rápidos y baratos (Roco y Bainbridge, 2001).

Por su parte, los críticos apuntan a una tecnología que puede tener impactos negativos en la salud y el medio ambiente. Las primeras investigaciones sobre los efectos de las nanopartículas en los organismos vivos son preocupantes. Los impactos pueden recaer sobre los consumidores de productos que contienen nanocomponentes, así como afectar la salud de los trabajadores de las nanoindustrias y, si se escapan a la atmósfera, la de cualquier persona.

El siguiente cuadro cronológico da cuenta de experimentos y hallazgos sobre los impactos de nanopartículas en la salud y ambiente, el área en que los debates están más focalizados y documentados. Las informaciones recopiladas muestran que nanopartículas pueden ser tóxicas o perjudiciales para la salud cuando son expuestas al contacto con el cuerpo, ingeridas, inhaladas o inyectadas (RS & RAE, 2004).

---

lémica y llevó, de hecho, a minimizar esta visión radical de la nanotecnología en los programas de investigación financiados públicamente en los Estados Unidos, así como también a una cierta marginación del propio Drexler. Cf. Wildson (2004); Berube y Shipman (2004).

## CUADRO 2. POSIBLES Y PROBADOS DAÑOS A LA SALUD POR NANOPARTÍCULAS

AÑO	HALLAZGO
1997	Nanopartículas de dióxido de titanio/óxido de zinc de filtros solares causan radicales libres en células de la piel, dañando el ADN, en Dunford, Salinaro et al. (1997), "Chemical oxidation and DNA damage catalysed by inorganic sunscreen ingredients", <i>FEBS Letters</i> , 418 (1-2), pp. 87-90.
2002	Nanopartículas acumuladas en los órganos de animales de laboratorio son absorbidas por las células. "Sabemos que los nanomateriales han sido absorbidos por las células. Eso levanta alarmas. Si las bacterias los pueden absorber entonces tenemos un punto de entrada de los nanomateriales a la cadena alimenticia", en Mark Wiesner, Brown, Doug (2002), "Nano litterbugs? Experts See Potential Pollution Problems", <i>Small Times</i> , 15 de marzo < <a href="http://www.smalltimes.com">www.smalltimes.com</a> >
2003	"Nanotubos en los pulmones de ratas producen respuestas tóxicas mayores que polvo de cuarzo", en Robert Hunter, Nasa Researcher, Jenny Hogan (2003), "How safe is nanotech? Special Report on Nano Pollution", <i>New Scientist</i> , 177 (2388), 29 de marzo, p. 14.
2003	El Dr. Howard sostiene que cuando menor es la partícula, mayor es su potencial de toxicidad. Las nanopartículas tienen varias rutas para entrar al cuerpo y atravesar las membranas e, inclusive, la barrera de sangre del cerebro, en ETC Group (2003), "Size Matters! The Case for a Global Moratorium", <i>Occasional Paper Series</i> , 7 (1), abril < <a href="http://www.etcgroup.org">www.etcgroup.org</a> >
2003	La revista <i>Nature</i> reporta el trabajo del científico Mason Tomson que muestra que las buckyballs (fullerenos) pueden viajar escondidas en el suelo. "Estudios no publicados del grupo de trabajo muestran que las nanopartículas pueden fácilmente ser absorbidas por gusanos permitiéndoles posiblemente moverse hacia arriba en la cadena alimenticia y alcanzar a los humanos", en Brumfiel, Geoff (2003), "A Little Knowledge", <i>Nature</i> , 424 (6946), 17 de julio, p. 246.
2004	Según el Dr. Gunter Oberdorster, las nanopartículas son capaces de moverse fácilmente desde el conducto nasal hasta el cerebro, en Kirby, Alex (2004), "Tiny Particles Threaten Brain", <i>BBC News Online</i> , 8 de enero, < <a href="http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/3379759.stm">http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/3379759.stm</a> >
2004	Investigadores de la Universidad de Lovaina explican a la revista <i>Nature</i> : "Consideramos que los productores de nanomateriales tienen la tarea de ofrecer los resultados de relevantes estudios de toxicidad para cualquier nuevo material, según las líneas internacionales vigentes sobre riesgo", en Hoet, Meter, Nemmar, Abderrahim y Nemery, Benoit (2004), "Health Impact of Nanomaterials?", <i>Nature Biotechnology</i> , 22 (1), p. 19.
2004	La Dra. Vyvyan Howard presenta los primeros resultados sobre nanopartículas de oro que pueden moverse desde la madre al feto a través de la placenta, en ETC Group (2003), "Size Matters! The Case for a Global Moratorium", <i>Occasional Paper Series</i> 7(1), abril, < <a href="http://www.etcgroup.org">www.etcgroup.org</a> >
2004	Científicos de la Universidad de California en San Diego descubrieron que nanopartículas de selenide de cadmio pueden dividirse en el cuerpo humano y causar potencialmente envenenamiento por cadmio, en Mullins, Justin (2004), "Safety concerns over injectable quantum dots", <i>New Scientist</i> , 181 (2436), 28 de febrero, p. 10.

- 2004 La Dra. Eva Oberdorster señala que los buckyballs (fullerenos) causan daños al cerebro en peces jóvenes al mismo tiempo que modificaciones en las funciones de los genes, en Sampson, Mark T. (2004), "Type of buckyball shown to cause brain damage in fish", Eurekaalert, 28 de marzo, <[www.eurekaalert.org](http://www.eurekaalert.org)>; Weiss, Rick (2004), "Nanoparticles Toxic in Aquatic Habitat, Study Finds", 29 de marzo; Sampson, Mark, T. (2004), "Type of buckyball shown to cause brain damage in fish", Eurekaalert, 28 de marzo, <[www.eurekaalert.org](http://www.eurekaalert.org)>

Fuente: Datos recopilados por el grupo ETC, tomados de <<http://www.organicconsumers.org/foodsafety/nanobrain040504.cfm>>

La preocupación sobre los posibles impactos ambientales de la nanotecnología es también creciente. El informe de la Royal Society y The Royal Academy of Engineering se pregunta sobre las consecuencias imprevistas de la utilización de nanopartículas para descontaminar el agua o diluir contaminantes. La alta reactividad que tiene la superficie de las nanopartículas puede impactar seres vivos, o alterar los procesos ecosistémicos. El informe sugiere que el uso de nanopartículas que no estén fijadas a una matriz debe ser prohibido en aplicaciones de remediación ambiental, hasta tanto no se demuestren y evalúen los potenciales riesgos (RS & RAE, 2004).

Otra área de inquietud en el terreno ambiental es el destino de las nanopartículas, una vez que los productos que las contienen hayan cumplido su ciclo de vida útil. Conociendo que las nanopartículas se acumulan en el hígado de animales de laboratorio, no sería difícil que desechos, por ejemplo de llantas de auto, liberasen nanopartículas que luego serían absorbidas por células de diversos organismos, entrando así en la cadena alimenticia (Brown, 2002). Un problema similar resulta del eventual escape de nanopartículas de los laboratorios.

Menos predecible es lo que pueda suceder con partículas de materia híbrida –viva e inerte– que se salgan del control. El grupo ETC habla de la plaga verde, dando a entender la posibilidad de un proceso incontrolable (ETC, 2003). Esto ya pasó con los organismos genéticamente modificados que pasaron al ambiente natural,<sup>4</sup> de manera que bien puede suceder con nanopartículas híbridadas.

En resumen, las nanopartículas pueden tener diversos efectos sobre el ambiente. Pueden entrar en la cadena alimenticia, influenciar la biosfera, alterar los ecosistemas y crear nuevos tipos de basura.

Hay aun otros ámbitos en los que la nanotecnología genera temores. Su potencial de aplicación en la industria militar parece ser vasto, incluyendo las

<sup>4</sup> "Presencia adventicia" es el término usado por la industria biotecnológica para referirse a la contaminación involuntaria de una semilla, grano o producto comestible por otro.

comunicaciones, sensores, diversos dispositivos inteligentes y, por supuesto, armamento. Podrán elaborarse explosivos en miniatura de mayor alcance, mayor densidad energética, aplicados a sistemas miniaturizados que los guíen con mayor precisión al enemigo. En los Estados Unidos, se estima que entre un 26% y un 32% de los fondos federales destinados a la investigación en nanotecnología entre 2000 y 2004 fueron encaminados a la industria militar (Altmann y Gubrud, 2004; Delgado Ramos, 2004). Además de los Estados Unidos, es posible que Israel y China se perfilen como importantes fabricantes de productos de guerra con nanotecnología (Altmann y Gubrud, 2004; Nemets, 2004).

La sociedad en su conjunto parece estar distante de los posibles cambios que la nanotecnología está provocando, aunque debido a la presión de algunas ONGs, entre las cuales destaca el grupo ETC (2003), y a la receptividad de algunos periódicos internacionales,<sup>5</sup> desde el año 2000 instituciones oficiales de algunos gobiernos como el de los Estados Unidos, Gran Bretaña y otros, comenzaron a promover investigaciones sobre los posibles impactos de la nanotecnología. Existe una discusión académica sobre la necesidad de mayor participación pública en las decisiones sobre el cauce del desarrollo de la ciencia y la tecnología (Crow y Sarewitz, 2000; Guston y Sarewitz, 2002; Cózar Escalante, 2003; Gorman *et al.*, 2004; RS & RAE, 2004; Wilsdon, 2004; Wilsdon y Willis, 2004). Por último, el tema de la regulación de una tecnología que trabaja con manipulación atómica y produce partículas a la misma escala es también objeto de discusión política y académica (WWICS, 2003; Bennett, 2004).

### **3. IMPACTOS ECONÓMICOS DE LA NANOTECNOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN DE LA RIQUEZA**

Los avances tecnológicos suelen ir acompañados de promesas de bienestar social, reducción de la pobreza y erradicación de enfermedades. Así, por ejemplo, la energía nuclear, a partir de la posguerra, prometía generar energía abundante y barata. En las décadas de 1960 y 1970, la revolución verde en la agricultura auguraba el fin de las hambrunas. Más recientes han sido las promesas de cura de la biomedicina y la ingeniería genética. Contrasta con ello el aumento de la pobreza y la desigualdad en el mundo durante los últimos 50 años (Wade, 2004), poniendo en evidencia que los frutos del avance

<sup>5</sup> El *New York Times*, por ejemplo, publicó varios artículos del periodista B. J. Feder sobre el tema (*New York Times*, 3 de febrero de 2003, 14 de abril de 2003, 19 de mayo de 2003, 7 de julio de 2003, 3 de noviembre de 2003). *The Guardian* hizo otro tanto (28 de abril de 2003, 30 de julio de 2003, 9 de octubre de 2004).



científico-tecnológico son, en realidad, apropiados de manera muy desigual.

Durante el último año, varios estudios han puesto en duda que los beneficios técnicos de la nanotecnología puedan alcanzar a los pobres. El grupo ETC argumenta que son las principales corporaciones multinacionales quienes controlan la producción y éstas, históricamente, no se han orientado a satisfacer las necesidades de los pobres. Por ello, estima que esta nueva revolución tecnológica conllevará a una mayor concentración del poder y la riqueza económica (ETC, 2004b).

Por su parte, el informe de la Royal Society y la Royal Academy of Engineering, titulado *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties* (RS & RAE, 2004) levanta dudas sobre las ventajas para los países pobres, señalando que los altos costos de desarrollo de nanotecnologías y de formación de personal calificado pondrían a dichos países en desventaja.

El informe *Nanotechnology and the Poor: opportunities and risks*, divulgado por el Meridian Institute en enero de 2005, muestra preocupación por la relación entre nanotecnología y desarrollo. Allí se advierten, por lo menos, dos cuestiones: a) el hecho histórico de que los resultados de las innovaciones tecnológicas han beneficiado preferentemente a pequeñas minorías; y, b) la nanotecnología puede hacer aún menos necesario para los países desarrollados la demanda de trabajo e importación de materias primas de los países en desarrollo (Meridian Institute, 2005).

Otras voces, por el contrario, desligan los potenciales beneficios técnicos de las relaciones sociales, y suponen que la nueva tecnología será benéfica para todos, incluidos los pobres. En este sentido, el reciente informe del UN Millennium Project, Task Force on Science, Technology and Innovation (*Innovation: applying knowledge in development 2005*) considera que la nanotecnología será importante para el mundo en desarrollo, porque implica poco trabajo, tierra y mantenimiento, es altamente productiva y barata, y requiere de modestas cantidades de materiales y energía.<sup>6</sup> Sin embargo, estas mismas cualidades podrían ser calificadas como perjudiciales, ya que los países pobres disponen justamente de abundante trabajo y, en muchos casos, tierra y recursos naturales.

La revolución tecnológica no es lo fundamental desde un punto de vista económico y social. Lo importante es la medida y la forma en que los cambios tecnológicos impactan la división social del trabajo y la distribución de la riqueza. Esto último está íntimamente asociado a las variaciones en la pro-

<sup>6</sup> “La nanotecnología será particularmente importante en el mundo en desarrollo, porque requiere de poco trabajo, tierra o mantenimiento, es altamente productiva y barata, y requiere sólo modestas cantidades de materiales y energía”, en *SciDevNet* (2005).

ductividad que las innovaciones pueden ocasionar. A su vez, la forma en que la riqueza derivada de la mayor productividad afecta a la sociedad y se distribuye no tiene que ver sólo con la propia revolución tecnológica, sino también, y en gran medida, con el tipo de relaciones sociales en que la tecnología se aplica y en el contexto de las cuales es desarrollada.

La distribución de la riqueza, en el marco de relaciones capitalistas, está determinada por varios factores. Éstos pueden ser ordenados, a grandes rasgos y en orden secuencial, desde la base de la unidad de producción, donde la productividad del trabajo es el elemento determinante, subiendo hacia el grado de participación en el mercado, y alcanzando luego la esfera de las políticas públicas que rediseñan todo el mecanismo de la distribución de la riqueza.

Si hacemos abstracción de la esfera del comercio y de la política, a nivel del proceso productivo es la productividad el elemento crítico en la determinación de la parte de la riqueza que cada unidad productiva se apropia. La productividad está, a su vez, determinada por tres factores: a) la productividad del trabajo, que depende de la calificación y experiencia de los trabajadores, de la disciplina laboral, y de la motivación y organización en el trabajo; b) la productividad del capital físico en que cristaliza el trabajo acumulado históricamente y donde los cambios tecnológicos se manifiestan de manera determinante; y, c) la productividad derivada de la diferente fertilidad natural.<sup>7</sup> Las ventajas naturales apropiadas económicamente (renta del suelo en términos económicos) son, a su vez, de dos tipos. Por un lado, están aquellas ventajas que corresponden a diferencias de acceso a los mercados, lo que afecta la velocidad y las condiciones del transporte de mercancías y las comunicaciones en general. Un ejemplo simple lo constituye la localización espacial desigual de dos predios. El más cercano al mercado tiene menores costos de producción y, por lo tanto, una mayor productividad. Por otro lado, están las ventajas que corresponden a la fertilidad del suelo. La empresa que produce en terrenos más fértiles tiene costos de insumos menores, o rendimientos mayores. En cualquier caso, la fertilidad actúa como palanca en la productividad.

En términos de la calificación del trabajo, la revolución de la nanotecnología pronostica fuertes disminuciones de la ocupación en los procesos directamente productivos, y un aumento del personal altamente calificado y científico. Uno de los argumentos que se esgrimen para justificar la fuerte

<sup>7</sup> “Aunque el concepto [productividad] es perfectamente válido para cualquier factor productivo, suele aplicarse sólo al trabajo; para el capital es más usual el término rentabilidad y para la tierra, rendimiento”, cf. Planeta (1980).

irrupción de China en la carrera de la nanotecnología es el contar con gran número de científicos a bajos costos. Es posible que se acentúe aún más la corrida de científicos calificados del Tercer Mundo para los países más avanzados. Esta polarización del mercado laboral castigará decisivamente a los países más pobres y con menor calificación del trabajo, al tiempo que incrementará, como lo han hecho la informática y la automación, el desempleo.

En términos del capital físico, las previsiones no son diferentes. A la fecha, la nanotecnología requiere de fuerte inversión estatal. Muchos países han desarrollado programas específicos con cuantiosos presupuestos públicos para la investigación. El Cuadro 3 y el Gráfico 1 muestran el rápido crecimiento de las inversiones públicas a nivel mundial y para los Estados Unidos.

### CUADRO 3. FONDOS PÚBLICOS DESTINADOS A INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN NANOTECNOLOGÍA

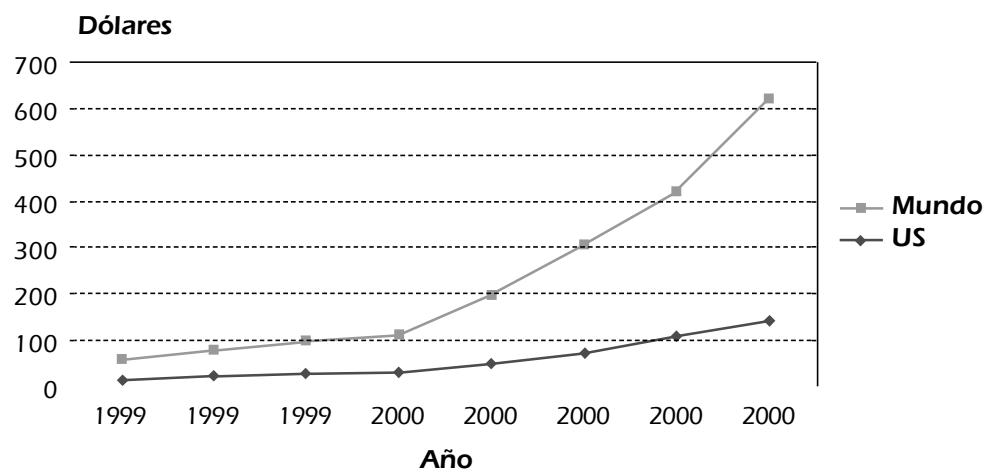
(MILLONES DE DÓLARES ANUALES)

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
USA	116	190	255	270	465	697	1070	1400
Mundo	432	559	687	825	1492	2347	3100	4800

Fuente: elaboración propia con datos de Roco, 2003; Lux Research, 2004; Mantovani, 2004.

### GRÁFICO 1. FONDOS PÚBLICOS DESTINADOS A INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN NANOTECNOLOGÍA

(MILLONES DE DÓLARES ANUALES)



Fuente: Cuadro 3.

En el año 2004, los fondos federales de los Estados Unidos fueron de mil millones de dólares y los de los estados y gobiernos locales de 400 millones, lo que suma 1400 millones de dólares de fondos públicos (Lux Research, 2004). En Europa, las inversiones públicas fueron de 1.1 mil millones de dólares en 2003 y se supone que crecerán a 1.7 mil millones de dólares en estos próximos años. Los fondos públicos japoneses crecieron de 400 millones en 2001 a 800 millones en 2003. Muchos otros países, como Israel, China, Corea del Sur, Taiwán, Tailandia, Brasil y Sudáfrica, invierten sostenidamente en la investigación de nanotecnologías.<sup>8</sup> Por cierto, el tenor de las inversiones públicas de los países en desarrollo contrasta con las de los países que ya se perfilaron como líderes en nanotecnología. Brasil, por ejemplo, siendo el país latinoamericano con programas de investigación en nanotecnología mejor organizados, prevé invertir entre 2004 y 2007 alrededor de 28 millones de dólares (*Inovação Tecnológica*, 2005). Esta carrera de inversión pública en Investigación y Desarrollo en nanotecnología está llamada a montar las bases para el despegue de su uso industrial en los diferentes países.

El *The Nanotech Report 2004* elaborado por Lux Research, una empresa líder en investigación y asesoramiento en nanotecnología, analiza las inversiones y estrategias en material de nanotecnología de más de 1.000 compañías. El reporte señala que en 2004 las inversiones en Investigación y Desarrollo serían de cerca de 8.6 mil millones de dólares en todo el mundo, y de ellos 3.8 mil millones provendrían de fondos de las corporaciones y 4.8 mil millones lo harían de fondos gubernamentales. Pero advierte que 2004 podría ser el último año en que las inversiones públicas sobrepasen a las privadas, una vez que la industria está comenzando a dar resultados comerciales y tenderá a acentuar la inversión en I&D (NanoxChange, 2004).

Es difícil que la inmensa mayoría de los países en vías de desarrollo tenga las condiciones financieras, de infraestructura y humanas para poder incorporarse a la ola nanotecnológica. Inclusive muchos de los países desarrollados tendrán que optar por determinadas ramas de la nanotecnología, donde se consideren más fuertes. Aunque en los países en desarrollo existen expectativas en las posibilidades de *catching up*, puesto que se trata de un área nueva donde no pesan décadas de desfase en las trayectorias científico-tecnológicas, las áreas que estos serán capaces de disputar con los grandes productores serán aún más limitadas. El resultado será una marcada

<sup>8</sup> "Researchers at the University of Toronto Joint Centre for Bioethics have classified these countries as 'front-runners' (China, South Korea, India) and 'middle ground' players (Thailand, Philippines, South Africa, Brazil, Chile). In addition, Argentina and Mexico are 'up and comers': although they have research groups studying nanotechnology, their governments have not yet organised dedicated funding", en *SciDevNet* (2005).

división internacional del trabajo. Hasta cuándo los productos “tradicionales” podrán competir con productos semejantes que incorporan tecnología nano es algo que dependerá de los costos relativos y de las diferencias de eficacia, pero la competencia puede conllevar una agudización de la desigualdad mundial. Ciertamente, las grandes corporaciones también podrán ser tambaleadas por los nuevos patrones competitivos impulsados por el cambio tecnológico. En un análisis preparado para el Credit Suisse First Boston, titulado *Big Money in Thinking Small*, Mauboussim y Bartholdson escriben: “Pensamos que debido al arribo de la nanotecnología nuevas compañías van a desplazar a un alto porcentaje de las líderes actuales. La mayoría de las compañías en el índice industrial Dow Jones de hoy en día difícilmente estarán allí de aquí a 20 años” (Center for Responsible Nanotechnology, s/f).<sup>9</sup>

Esta agudización de la inequidad mundial no debe ser entendida solamente a nivel de países sino también a nivel de la población. Es posible que determinados países despunten con la venta de nanomateriales o productos que los incorporan. Se habla, por ejemplo, de China como posible gran competidor en nanotextiles. Pero que el país como unidad se vea beneficiado no significa que en su interior no se agudice la diferenciación social, como resultado del desplazamiento de las empresas que no consiguen adaptarse a los cambios, la reducción del empleo manual y el aumento del estrecho sector de los trabajadores altamente calificados y del personal científico-técnico.

Desde el punto de vista de los países, muchos elementos entran en juego, entre ellos la amplitud y la profundidad de la investigación y el desarrollo en nanotecnología, el peso de las inversiones federales y el tamaño de su mercado. Un elemento adicional muy importante será el grado en que el poder público pueda establecer mecanismos de integración vertical entre los sectores productores de nanopartículas y las empresas que son potenciales compradores. Si no fuese así, podría ocurrir un desfase entre los productores de nanopartículas aplicables a diferentes ramas y las empresas que producen productos finales, si estas últimas tuvieran dificultades para incorporar las nanopartículas como insumos en sus procesos productivos. Esto, de hecho,

<sup>9</sup> El Center for Responsible Nanotechnology (s/f) se interroga: si la producción nanotecnológica es de propiedad o control exclusivo, ¿creará el mayor monopolio del mundo, con potencial extremo de prácticas anticompetitivas abusivas? Si no es controlado, la habilidad de copias baratas ¿implicará que aun los diseñadores y marcas de mercado no serán retribuidos? Se requiere de más estudio, pero parece claro que la manufactura molecular puede trastornar la estructura económica presente, reduciendo en gran medida el valor de muchos recursos materiales y humanos, incluyendo mucha de la actual infraestructura. A pesar de las esperanzas utópicas postcapitalistas, es incierto que pueda aparecer a tiempo un sistema de reemplazo aceptable para prevenir las consecuencias humanas del desplazamiento masivo de empleos. Véase Center for Responsible Nanotechnology (s/f).

parece estar ocurriendo actualmente. A partir de entrevistas realizadas en empresas inglesas productoras de nanopartículas Wilsdon (2004) señala que “las nanopartículas son una solución en busca de un problema”. A pesar de sus variadas aplicaciones potenciales, los productores ingleses dicen carecer de clientes. Esto es confirmado por un reporte aparecido en *Business Week* que, sobre la base de información de Lux Research, señala que a pesar de un futuro promisorio, muchas empresas que venden productos nanotecnológicos enfrentaron dificultades financieras en 2004 (Baker y Aston, 2005).<sup>10</sup>

Debemos, en fin, considerar cómo incidirá la nanotecnología en las ventajas naturales en la productividad. En este sentido, ya fueron significativas las consecuencias de la revolución de la microelectrónica, la informática y el satélite. Estas tecnologías permitieron suprimir muchos de los costos derivados de las desventajas naturales de localización. El costo de transmitir un mensaje telefónico por el mecanismo antiguo de los cables de cobre aumentaba con la distancia, según los costos asociados con la extensión de la línea telefónica. El costo de transmitir un mensaje telefónico celular vía satélite es independiente de la distancia. En este sentido, se puede decir que la aplicación del satélite a las telecomunicaciones suprimió muchas de las barreras naturales de distancia y, con ello, la riqueza (renta del suelo) apropiada como consecuencia de dichas ventajas naturales.

Puede trazarse un paralelismo con la nanotecnología. La revolución de la nanotecnología, en la medida de su actual alcance (como nanopartículas que hacen al producto final más sensible al entorno, capaz de transformar el entorno a sus necesidades, capaz de utilizar elementos del entorno de forma novedosa o más eficientemente que otras tecnologías), permite suprimir muchos de los costos derivados de las desventajas naturales de fertilidad cuando es aplicada, por ejemplo, a la producción agropecuaria. Nanosensores aplicados a la agricultura podrán hacer que explotaciones de áreas menos húmedas o menos fértiles compitan ventajosamente con las más fértiles. Si efectivamente la nanotecnología redujera la demanda de materias primas por parte de la industria, disminuiría con ello la renta diferencial que obtienen muchos países en vías de desarrollo con las exportaciones de minerales, hidrocarburos, frutas, carne, madera, fibras textiles, etc. En definitiva, la revolución de la nanotecnología constituye un avance del control de la naturaleza externa por el ser humano que reduce las diferencias naturales en los procesos productivos y los hace depender más de las diferencias de riqueza acumulada (capital físico). Esto podrá tener efectos devastadores sobre muchas

<sup>10</sup> “Un estudio del 2004 de Lux Research encontró que muchos de los 200 suministradores mundiales de nanomateriales básicos no consiguieron entregar lo que prometieron” (Baker y Aston, 2005).

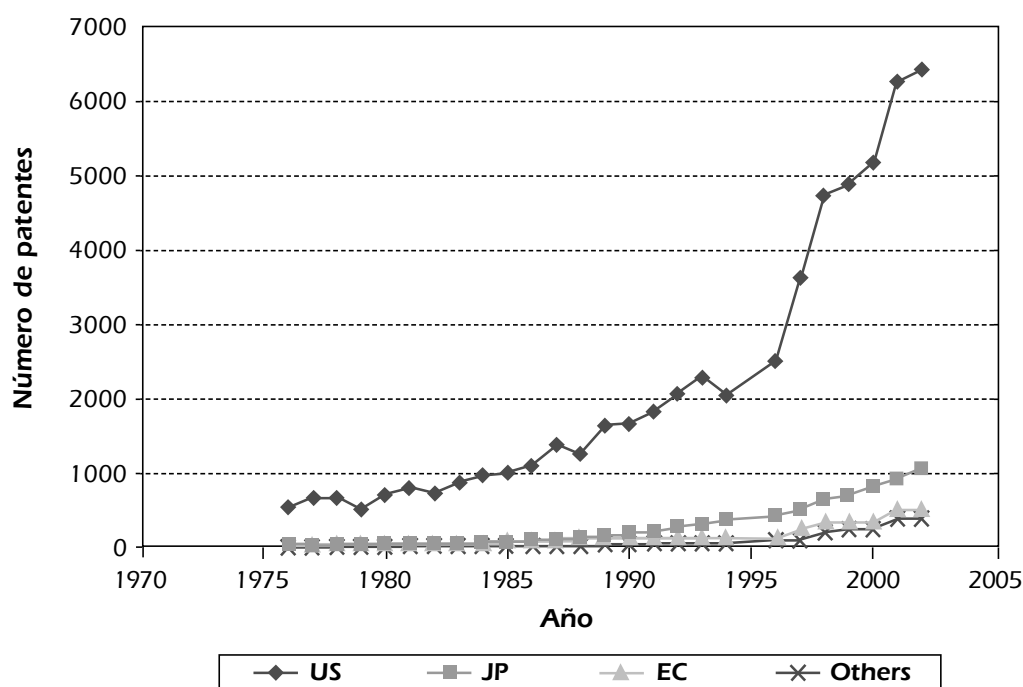
economías mundiales. Como lo señaló el director del grupo ETC, Pat Mooney, el mundo desarrollado podría crear su propio abastecimiento de materias primas, con enormes implicaciones para las industrias y la agricultura de los países pobres (Mantell, 2003). Pongamos un ejemplo hipotético. Supongamos que se sustituye el acero por nanotubos de carbono. ¿Qué impactos tendría esto? En 2004 el Brasil exportó un millón de toneladas de acero, lo que representó algo más del 18% de sus exportaciones y un monto de 334 millones de dólares. Si la sustitución de nanotubos se hiciera teniendo en cuenta exclusivamente la resistencia del material, el millón de toneladas sería sustituido por nanotubos y reducidas las exportaciones entre 50 y 100 veces, pasando el Brasil a exportar entre 10 mil y 20 mil toneladas, y a recibir entre 3,3 y 6,7 millones de dólares.

Por último, no es menospreciable el argumento político de que poco contribuirá la nanotecnología a una mejor distribución de la riqueza en virtud de que son las grandes corporaciones multinacionales la punta de lanza de esta revolución (ETC, 2004b). El reporte *The CEO's Nanotechnology Playbook*, realizado por Lux Research, conteniendo los resultados de entrevistas en profundidad a ejecutivos de 33 corporaciones multinacionales evidencia claramente el perfil de las empresas que están haciendo grandes inversiones en nanotecnología. Las empresas consultadas tienen más de 5 mil millones de dólares en retornos anuales, ventas medias de 30 mil millones el año pasado, emplean una media de 46.000 personas en diversas ramas (manufactura, materiales, electrónica, salud y ciencias de la vida) y están localizadas en Norteamérica, Asia y Europa. Además de sus inversiones en ascenso, estas empresas están estableciendo asociaciones con los sectores públicos, las universidades y otros agentes (Azonano, 2005).

En el contexto competitivo actual no se puede esperar que los resultados de la nanotecnología se conviertan en mercancías de libre acceso. Ya se ha trabado una lucha fuerte por las patentes de productos que incluyen nanopartículas, lucha que encierra una paradoja interesante. Por tratarse de partículas elementales (átomos y moléculas), que bien pueden ser consideradas parte de la naturaleza, los productos nanotecnológicos podrían no ser pasibles de patente. Sin embargo, se argumenta que sí lo son, puesto que las nanopartículas no se hallan en tal estado en la naturaleza. La siguiente cita es elocuente de esta paradoja: “Es verdad que no se puede patentar un elemento encontrado en su forma natural, sin embargo, si se crea una forma purificada de ese elemento que tenga usos industriales –por ejemplo, el neón– tenemos una patente segura” (Lila Feisee, directora de Relaciones Gubernamentales y Propiedad Intelectual de BIO, Biotechnology Industry Organization, citado por ETC, 2004b). La patente es la garantía de ganancias monopólicas durante veinte

años, algo que ciertamente conspira contra la rápida difusión de los potenciales beneficios de esta tecnología.<sup>11</sup> El Gráfico 2 ilustra el rápido crecimiento de las patentes en productos con nanomateriales.

**GRÁFICO 2. NÚMERO DE PATENTES EN NANOTECNOLOGÍA**



Fuente: Roco (2003).

Aun más paradójico resulta el doble comportamiento de las corporaciones que producen nanopartículas, especialmente cuando procuran evadir los cuestionamientos públicos sobre sus potenciales efectos negativos en la salud o en el medio ambiente. Por un lado, evitan someter sus productos al análisis toxicológico con el argumento de que no están introduciendo ningún ele-

<sup>11</sup> “Monsanto tiene un acuerdo con la empresa nanotecnológica Flamel para desarrollar su herbicida Roundup (glifosato, conocido en México como Faena) en una nueva formulación en nanocápsulas. El principal objetivo de este acuerdo es lograr una extensión de su patente por otros 20 años. Pharmacia (ahora parte de Pfizer), tiene patentes para fabricar nanocápsulas de liberación lenta usadas en ‘agentes biológicos como fármacos, insecticidas, fungicidas, plaguicidas, herbicidas y fertilizantes’. Syngenta patentó la tecnología Zeon, microcápsulas de 250 nanómetros que liberan los plaguicidas que contienen al contacto con las hojas. Ya están a la venta con el insecticida Karate, para uso en arroz, pimientos, tomates y maíz. Syngenta también



mento nuevo, sino trabajando a nivel atómico con los ya conocidos.<sup>12</sup> Por otro lado, cuando se trata de patentar, la novedad se vuelve un requisito, y los nanoproductos son presentados como algo nuevo. Por cierto, la reglamentación no acompaña con la misma velocidad los cambios técnicos, de manera que las industrias se respaldan en la falta de indicación por parte de la ley para someterse a exámenes de toxicidad. El documento de discusión 2003-6 del Woodrow Wilson International Center for Scholars refleja toda esta contradicción entre la realidad de las nanopartículas y la ambigüedad de la reglamentación norteamericana, y concluye indicando la necesidad de reformar la reglamentación de la *Toxic Substance Control Act* (TSCA) de los Estados Unidos (WWICS, 2003).

Si el imperialismo clásico se caracterizó por la apropiación violenta y política de las riquezas naturales de países más atrasados por parte de las naciones capitalistas más pujantes, las revoluciones tecnológicas de fines del siglo XX, como la biotecnología, la optomicroelectrónica y el satélite –y ahora la nanotecnología– tienden a convertir en superfluas las ventajas de los países que disputan su lugar en la división internacional del trabajo sobre la base de la exportación de riquezas naturales o de su mano de obra barata. Es claro que éste es un proceso competitivo, donde los costos relativos de producir incorporando nanoproductos o sin ellos determinará el grado y la velocidad de la ruina de los últimos. Pero, por el accionar de las propias leyes del mercado, es de esperarse que la nanotecnología traiga consigo una profundización de la desigualdad en el nivel mundial.

## CONCLUSIONES

La nanotecnología responde a procesos técnicos novedosos (manipulación directa de átomos y moléculas, y aplicación a materia viva y no viva). Sus usos actuales y potenciales abarcan diversas ramas de la economía. Existe controversia acerca de sus posibles impactos sobre el medio ambiente y la salud, y se teme que pueda tener gran capacidad para ampliar el poder destructor de la industria bélica. A pesar de la emergencia reciente de varios grupos

---

tiene una patente sobre una nanocápsula que libera su contenido al contacto con el estómago de ciertos insectos (lepidóptera)". Cf. Ribeiro (2004).

<sup>12</sup> Un informe de 2004 de la Dirección General de Protección a la Salud y al Consumidor de la Unión Europea señalaba, por ejemplo, que "algunas de las nano partículas que se están diseñando son motivo de serias preocupaciones", "no pueden predecirse (o derivarse) los efectos adversos de las nano partículas a partir de la toxicidad del material conocido en su versión macro", en ECCHCP (2004).

organizados en torno de estas cuestiones, aún es muy escasa la participación de la sociedad civil en la toma de decisiones sobre la investigación y los usos de la nanotecnología.

En términos de sus impactos sociales, tiende a prevalecer una posición que presenta la nanotecnología como benéfica para todos, incluyendo los países y la población pobre. Se hace énfasis en las posibilidades de abaratar los procesos de descontaminación, de generación y almacenamiento de energía, la producción en general, así como en el combate más eficiente de enfermedades. Esta perspectiva pone claramente la tecnología en una posición neutra, capaz de tener efectos positivos, sin considerar el contexto de las relaciones sociales en las cuales es generada.

En términos socioeconómicos, y desde una perspectiva que ve la *nanotecnología en sociedad*, pueden visualizarse dos grandes implicaciones. La primera se relaciona con un importante aumento de la productividad en las ramas que apliquen nanotecnología, lo cual hará desventajosa la competencia para aquellos países y sectores más atrasados tecnológicamente. Por la forma en que la nanotecnología se está desarrollando –hacia una mayor sensibilidad y respuesta del objeto respecto de su entorno inmediato– las aplicaciones de la nanotecnología tienden a disminuir las ventajas naturales que inciden en los procesos productivos. Ambos resultados implicarían una redefinición de la división internacional del trabajo, con claras desventajas para los países pobres, cuyas exportaciones se basan en materias primas o en los bajos costos de su fuerza de trabajo.

La segunda implicación social tiene que ver con los procesos de monopolio, garantizados por el sistema de patentes y comandados por las grandes corporaciones transnacionales que se apropian rápidamente del conocimiento científico y técnico desarrollado en instituciones públicas y con fondos públicos. Esto no puede sino llevar a una aun mayor concentración de la riqueza, con los consecuentes perjuicios para las grandes mayorías de la población mundial.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Altmann, Jurgen & Gubrud, Mark (2004), “Anticipating Military Nanotechnology”, *IEEE Technology and Society Magazine*, número editado por E. J. Woodhouse, 23 (4), pp. 33-40.

Azonano (2005), “Nanotechnology News. Global corporations are investing heavily in nanotechnology”, <<http://www.azonano.com/news.asp?newsID=468>> (consultado el 12 de febrero de 2005).

- Baker, Stephen y Aston, Adam (2005), "The Business Of Nanotech", *Business Week*, 14 de febrero.
- Bennett, Michael (2004), "Does existing law fail to address Nanotechnoscience?", *IEEE Technology and Society Magazine*, número editado por E. J. Woodhouse, 23 (4), pp. 27-325.
- Berube, David & Shipman, J. D. (2004), "Denialism: Drexler vs. Roco", *IEEE Technology and Society Magazine*, número editado por E. J. Woodhouse, 23 (4), pp. 22-26.
- Brown, Doug (2002), "Nano litterbugs? Experts See Potential Pollution Problems", *Small Times*, 15 de marzo de 2002). <[www.smalltimes.com](http://www.smalltimes.com)> (consultado el 22 de enero de 2005).
- Center for Responsible Nanotechnology (s/f), "Dangers of Molecular Manufacturing", <<http://www.crnano.org/dangers.htm>> (consultado el 24 de febrero de 2005).
- Cózar Escalante, José Manuel (de) (2003), "Nanotecnologías: promesas dudosas y control social", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 6.
- Crow, M. y Sarewitz, D. (2000), "Nanotechnology and Societal Transformation", paper presentado al *National Science and Technology Council Workshop on Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*, 28-29 de septiembre.
- Delgado Ramos, G. C. (2004), "Promesas y peligros de la nanotecnología", *Nómadas* 9, Universidad Complutense de Madrid <<http://www.ucm.es/info/nomadas/9/>> (consultado el 14 de febrero de 2005).
- ECCHCP /European Commission, Community Health and Consumer Protection (2004), *Nanotechnologies: A Preliminary Risk Analysis*, sobre la base del Workshop organizado en Bruselas el 1-2 de marzo de 2004 por el Health and Consumer Protection Directorate General of the European Commission.
- ETC group (2003), *Green Goo: Nanobiotechnology comes alive*, Winnipeg, ETC group <[www.etcgroup.org](http://www.etcgroup.org)> (consultado el 3 de enero de 2005).
- ETC group (2004a), *La inmensidad de lo mínimo: breve introducción a las tecnologías de nanoescala*, <[www.etcgroup.com](http://www.etcgroup.com)> (consultado el 3 de enero de 2005).
- ETC group (2004b), Communiqué No. 85, <[www.etcgroup.com](http://www.etcgroup.com)> (consultado el 3 de enero de 2005).
- Forbes (2004), *Nanotech Report*, 3 (12), 1-3 <[www.forbesnanotech.com](http://www.forbesnanotech.com)>.
- Gorman, M. E., Groves, J. F. y Catalano, R. K. (2004), "Societal Dimensions of Nanotechnology", *IEEE Technology and Society Magazine*, número editado por E. J. Woodhouse, 23 (4), pp. 55-62.

- Guston, David y Sarewitz, Daniel (2002), "Real-Time Technology Assessment", *Technology in Culture*, 24, pp. 93-109.
- Huw Arnall, Alexander (2003), *Future Technologies, Today's Choices. Nanotechnology, Artificial Intelligence and Robotics; A technical, political and institutional map of emerging technologies*, Department of Environmental Science and Technology, Environmental Policy and Management Group, Faculty of Life Sciences, Imperial College London, University of London, A report for the Greenpeace Environmental Trust, <<http://www.greenpeace.org.uk/MultimediaFiles/Live/FullReport/5886.pdf>> (consultado el 20 de febrero de 2005).
- Inovação Tecnológica (2004), *Nanotecnologia terá R\$ 77,7 milhões no orçamento 2004-2007*, <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010175031001>> (consultado el 13 de enero de 2005).
- Lux Research (2004), "Statement of Findings: Benchmarking U. S. States in Nanotech", del Report *Benchmarking U.S. States for Economic Development from Nanotechnology*, <[www.luxresearchinc.com](http://www.luxresearchinc.com)>, diciembre de 2004.
- Mantell, Katie (2003), "Developing nations 'must wise up to nanotechnology'", *Sci-Dev.Net*, 4 de septiembre de 2003, <<http://www.scidev.net/News/index.cfm?fuseaction=readNews&itemid=992&language=1>> (consultado el 12 de febrero de 2005).
- Mantovani, Elvio (2004), "Nanotechnology in the world today", ponencia presentada en *Present situation and forecasts of nanotechnology in: materials, health and medical systems, energy*, NRM (nanoroadmap project), Roma, 4-5 de noviembre de 2004, <[http://www.nanoroadmap.it/events/first\\_conference/presentations/mantovani.pdf](http://www.nanoroadmap.it/events/first_conference/presentations/mantovani.pdf)> (consultado el 20 de febrero de 2005).
- Meridian Institute (2005), *Nanotechnology and the Poor: Opportunities and Risks*, <[www.nanoandthepoor.org](http://www.nanoandthepoor.org)>.
- NanoxChange (2004), "Nanoxchange. Lux Research Releases", *The Nanotech Report 2004*, Key Findings, <<http://www.nanoxchange.com/NewsFinancial.asp?ID=264>> (consultado el 12 de febrero de 2005).
- Nemets, Alexandr (2004), China's nanotech revolution. AFAR (Association for Asian Research), 23 de agosto de 2004, <<http://www.asianresearch.org/>> (consultado el 12 de febrero de 2005).
- Peterson, Christine L. (2004), "Nanotechnology: from Feynman to the Grand Challenge of Molecular Manufacturing", *IEEE Technology and Society Magazine*, número editado por E. J. Woodhouse, 23 (4), pp. 9-15.
- Phoenix, Chris (2004), "Studying Molecular Manufacturing", *IEEE Technology and Society Magazine*, número editado por E. J. Woodhouse, 23 (4), pp. 41-47.
- Planeta (1980), *Economía Planeta. Diccionario Enciclopédico*, Barcelona, Editorial Planeta.

- Ribeiro, Silvia (2004), “Nanotecnología: del campo a su estómago”, UITA –Secretaría Regional Latinoamericana–, Montevideo, Uruguay, <[www.reluita.org.uy](http://www.reluita.org.uy)>, (consultado el 12 de febrero de 2005).
- Roco, Mihail C. y Bainbridge, William (2001), *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*, Washington D.C., National Science Foundation, <<http://rachel.org/library/getfile.cfm?ID=217>> (consultado el 20 de febrero 20 de 2005).
- Roco, Mihail (2003), “Broader societal issues of nanotechnology”, *Journal of Nanoparticle Research*, 5, pp. 181-189.
- RS & RAE (Royal Society y The Royal Academy of Engineering) (2004), *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*, Londres, The Royal Society & The Royal Academy of Engineering <[www.royalsoc.ac.uk/policy](http://www.royalsoc.ac.uk/policy) [www.raeng.org.uk](http://www.raeng.org.uk)> (consultado el 12 de febrero de 2005).
- SciDevNet (2005), *Nanotechnology Quick Guide*, <<http://www.scidev.net/quickguides/index.cfm?fuseaction=dossierfulltext&qguideid=5>> (consultado el 9 de febrero de 2005).
- Wade, Robert Hunter (2004), “Is Globalization Reducing Poverty And Inequality?”, *International Journal of Health Services*, 34 (3), pp. 381-414.
- Wilsdon, James y Willis, Rebecca (2004), *See-through Science. Why public engagement needs to move upstream*, Londres, DEMOS.
- Wilsdon, James (2004), “Nanotechnology, Risk, and Uncertainty”, *IEEE Technology and Society Magazine*, número editado por E. J. Woodhouse, 23 (4), pp. 16-21.
- WWICS (Woodrow Wilson Internacional Center for Scholars) (2003), *Nanotechnology & Regulation. A Case Study using the Toxic Substance Control Act (TSCA)*, <[www.environmentalfutures.org/nanotech.htm](http://www.environmentalfutures.org/nanotech.htm)> (consultado el 12 de febrero de 2005).