

# LA PRÓXIMA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL COMIENZA POR LO SuntuARIO

---

*Guillermo Foladori\**  
*Noela Invernizzi\*\**

---

## INTRODUCCIÓN

La nanociencia y la nanotecnología – estudio y manipulación de materiales en escala atómica – son consideradas la base de la próxima revolución industrial. Al mismo tiempo en que son realizados los primeros avances en este campo, se ha difundido la idea de que esta revolución podría traer consigo una solución a los principales problemas sociales del mundo, y dar cabida, en la nueva división internacional del trabajo, a aquellos países que tempranamente se “suban al tren” de estas tecnologías. Tanto científicos como instituciones internacionales sostienen este punto de vista, y las políticas de apoyo a la investigación en los países en desarrollo tienden también a reflejar esta postura. Sin embargo, el direccionamiento de la ciencia y la tecnología para la solución de problemas sociales y el desarrollo nunca ha sido una cuestión sencilla. El incipiente, pero provisorio mercado de la nanotecnología ha comenzado exactamente por el lado opuesto, por los productos destinados a consumidores afluentes y, en gran medida, al consumo suntuario.

## 1 AVANCE Y PROMESAS DE LAS NANOTECNOLOGÍAS

Lux Research, una compañía dedicada al estudio de la nanotecnología y sus negocios, estimó la venta mundial de productos que incorporaban nanotecnología en 2004 en 13 mil millones de dólares. El pronóstico para 2010 es que ese mercado alcance los 500 mil millones de dólares, un aumento espectacular en apenas un quinquenio (BAKER; ASTON, 2005).

La nanotecnología es la manipulación de materiales a escala atómica o molecular. Se trata de una escala que va de 1 a 100 nanómetros. Un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro. Es un tamaño que sólo puede ser captado con microscopios atómicos. Un pelo humano, por ejemplo, puede tener 100.000 nanómetros de grosor. Un virus tiene entre 20 y 300 nanómetros.

---

\*Profesor del Doctorado en Estudios del Desarrollo, Universidad Autónoma de Zacatecas, México. fola@estudiosdeldesarrollo.net

\*\*Profesora del Sector de Educación, Universidade Federal do Paraná. noela@ufpr.br

Hasta ahora, la producción ha partido de materiales en gran escala para dividirlos y adecuarlos a la escala deseada. La nanotecnología se propone el camino inverso: manipular átomos y moléculas para crear cosas mayores. En lugar de ir de lo grande a lo pequeño (proceso *top-down*) se va de lo pequeño a lo grande (proceso *bottom up*). Los materiales a escala atómica presentan propiedades físicas diferentes a las que tienen en el tamaño con que aparecen normalmente en la naturaleza. Así, por ejemplo, un material como el carbono en esa escala puede ser más duro que un diamante, pesar varias veces menos que el acero y tener una conductividad eléctrica con mínimas pérdidas por la transmisión-distancia. Otros materiales presentan propiedades magnéticas, ópticas, eléctricas, reactivas, etc., diferentes a las exhibidas en los tamaños a que estamos acostumbrados. Estas nuevas propiedades pueden ser explotadas en cualquier rama de la producción, lo que cataloga a las nanotecnologías como facilitadoras o capacitadoras y, por lo tanto, permitir la innovación en prácticamente cualquier rama de la producción constituyéndose en la base de la próxima revolución industrial.

Con gran entusiasmo, científicos e instituciones internacionales consideran que la expansión de estas tecnologías podrá solucionar muchos problemas de la humanidad, empezando por la pobreza. Ejemplo de lo anterior es la posición del Grupo de Trabajo en Ciencia, Tecnología e Innovación del Programa de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas (JUMA; YEE-CHEONG, 2005). También el Canadian Joint Centre for Bioethics considera que la nanotecnología puede ser utilizada para alcanzar 5 de las 8 Metas de Desarrollo del Milenio de combate a la pobreza (SALAMANCA-BUENTELLO et al., 2005). Los organizadores de la conferencia *North-South Dialogue on Nanotechnology: Challenges and Opportunities*, promovida por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO), en Trieste, Italia, alimentan ideas similares (NORTH-SOUTH DIALOGUE ON NANOTECHNOLOGY, 2005). Así mismo, en una reunión reciente de los países del G8 se sostuvo que las tecnologías convergentes, entre ellas la nanotecnología, pueden ayudar a los pueblos marginados del sur (ETC GROUP, 2005).

Este optimismo no deja de tener dos fuertes fundamentos. Por un lado, las nanociencias y nanotecnologías representan un quiebre tan radical con las trayectorias tecnológicas vigentes que es muy probable que dentro de cincuenta años la estructura de la división del trabajo y la jerarquía de poder de los países cambie. Nuevos países y regiones que hoy están marginados podrán obtener un lugar importante en el mercado mundial, si consiguen volverse competitivos en nanotecnologías. De hecho, todos los programas gubernamentales de apoyo a las nanotecnologías en el mundo utilizan el argumento de la competitividad como justificativa del patrocinio público a las nanociencias y nanotecnologías. Por otro lado, está la potencialidad de las nanotecnologías para efectivamente dar cuenta de problemas de gran calibre social y económico, como la descontaminación de agua, la generación y acumulación de energía solar, la temprana detección de enfermedades, y el aumento significativo de los rendimientos agrícolas. En todas estas áreas la nanotecnología está desarrollando alternativas más eficientes y baratas que las tecnologías existentes.

El tratamiento del agua mediante nanotecnología podría traer grandes ventajas a los países y sectores pobres de la población, tanto directamente en la forma de agua

para consumo, como indirectamente aliviando muchas enfermedades que se transmiten por agua contaminada. Ya existen en el mercado compañías que venden filtros que contienen como ingrediente activo fibras de aluminio de 2 nanómetros de diámetro, capaces de filtrar completamente priones, virus y bacterias, asociando el filtrado por tamaño a la separación eléctrica (ARGONIDE, 2006). Otros mecanismos utilizan rayos ultravioletas para destruir solventes industriales, plaguicidas y gérmenes; o también nanotubos de carbono recubiertos con enzimas que reaccionan frente a los contaminantes (RIBEIRO, 2005). Estos procedimientos serían de gran utilidad para reciclar el agua, descontaminar cursos de agua y también para desalinizar.

En energía solar las nanotecnologías también podrían ofrecer una contribución destacada para los países y regiones pobres. Investigadores de la Universidad de Toronto han inventado un material sensible a los rayos infrarrojos cinco veces más eficiente que los actuales métodos para convertir la luz solar en energía eléctrica. Se trata de una película de estructuras cristalinas cubierta en plástico que capta energía de los rayos infrarrojos. Puede ser diluida en la pintura que cubre las paredes o los techos, ampliando las superficies de captación de la energía solar del 6% obtenido actualmente para 30% (MCDONALD et al., 2005; INFOCHANNEL, 2005). Por su parte, la empresa Nanosolar ha desarrollado una tinta semiconductor que permite obtener células solares mediante un proceso de impresión. Con estos procedimientos se rebajaría considerablemente el precio; y dada su flexibilidad y liviandad podrían ser fácilmente instaladas (BLOOM, 2006).

La aplicación de las nanotecnologías al campo médico es una de las áreas más dinámicas y promisorias. En primer lugar, se están desarrollando innovaciones en el área del diagnóstico. La clave de los nuevos mecanismos de diagnóstico utilizando nanotecnología está en los sensores a escala nano que, adheridos o instalados dentro del propio cuerpo, en la vestimenta, o aún en el ambiente, pueden registrar información sobre biomarcadores. Así, por ejemplo, los laboratorios en un chip (*lab-on-a-chip*) consisten en dispositivos en nanoescala que navegan por la sangre del paciente como si fuesen virus. Son capaces de seleccionar minúsculas partículas de líquidos o gases y analizarlos. Son verdaderos laboratorios que permiten el análisis de grandes cantidades de componentes simultáneamente, detectando modificaciones en los biomarcadores antes de que el propio cuerpo lo haga. Una segunda área de innovaciones en nanomedicina son las drogas. Lo que está en juego es la posibilidad de dirigir las drogas directamente a las células afectadas, y en dosis más potentes. Este mecanismo tiene ventajas al evitar los efectos secundarios nocivos, derivados del contacto de la droga con células o tejidos sanos, y al permitir aumentar las dosis de la droga una vez que esta se dirige directamente a su objetivo. Una tercera área de investigación promisorias es la de los implantes y las prótesis, en que las nanotecnologías pueden contribuir a la recuperación de huesos, dientes y prácticamente todo tipo de tejido. Una tendencia que se afirma con la nanomedicina es la individualización del tratamiento. Se parte de lo que se conoce como farmacogenética, el procedimiento de ligar una determinada medicina a los genes del paciente, para determinar cuáles son las predisposiciones a enfermedades, así como analizar qué drogas pueden hacer mejor efecto que otras (BONADIO et al., 2001; FREITAS, 2003).

## 2 EL CAMINO DEL MERCADO

El centro de investigaciones Woodrow Wilson International Center for Scholars, con sede en Washington D.C., divulgó a principios de 2006 los resultados de una investigación realizada en 2005 para identificar los productos con nanocomponentes que ya están en el mercado. Este inventario nos muestra el grado de avance de la nanotecnología para satisfacer necesidades del consumidor. Los resultados de la investigación son sintetizados por los investigadores de esta forma:

- salud y bienestar físico es la categoría más fuerte del inventario, con 125 productos, desde cremas faciales hasta palos de hockey. Productos electrónicos y de computación constituyen la segunda mayor categoría con 30 productos, seguidos por la categoría casa y jardín;
- dentro de la categoría de salud y bienestar físico, la vestimenta – como camisas, pantalones y corbatas anti-manchas – constituye la categoría más amplia con 34 productos, seguida de cerca por los artículos deportivos (33 productos) y los cosméticos (31 productos);
- los Estados Unidos es el país líder en el consumo de productos de la nanotecnología, con 126 productos en el mercado; le siguen Asia Oriental y Europa con 42 y 35 productos, respectivamente, que incorporan nanotecnologías;
- nanocarbono es el material más común entre los referidos productos, seguido de la plata y el sílice (WOODROW WILSON CENTER FOR SCHOLARS, 2006).

El ideal humanista de los científicos no siempre se ve correspondido por la práctica empresarial. Las empresas se interesan más por el rápido retorno de sus inversiones que por la satisfacción de las necesidades humanas. Luego del primer quinquenio de sostenidas inversiones públicas para subsidiar la investigación en nanociencias y nanotecnologías en el mundo desarrollado, y también en muchos países del Tercer Mundo, las ramas que están incorporando nanocomponentes con mayor velocidad son todas ellas de productos para consumidores afluentes y productos suntuarios. Esto no quiere decir que no se expanda el uso de los nanocomponentes a otras de mayor importancia social en el futuro – las previsiones apuntan a una generalización del uso de nanocomponentes – pero sí muestra que la búsqueda de ganancias comanda la orientación y el ritmo de las aplicaciones científicas y, consecuentemente, también podría hacerlo con la propia investigación científica. De hecho, ya en el año 2005 las inversiones privadas en I&D superaron las inversiones públicas a nivel mundial (LUX RESEARCH, 2004), lo que sin duda contribuye a reforzar esta tendencia.

## 3 EL OPTIMISMO CIENTÍFICO Y LA REALIDAD DEL MERCADO

El optimismo que puede verse en la literatura sobre nanotecnologías y pobreza no se apoya solamente en las potencialidades de las nuevas tecnologías. Refleja también una concepción de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad que puede ser resumida en los tres puntos siguientes:

## Neutralidad de la tecnología

Aunque la discusión en torno de la no neutralidad de la ciencia y la tecnología ya es antigua, remontándose a las investigaciones atómicas que culminaron en el uso de la bomba atómica en Hiroshima y Nagasaki (KELVES, 1987), muchos de los argumentos esgrimidos para decir que la nanotecnología beneficiará a los pobres la conciben como neutra. Se hace abstracción del contexto social en que esas tecnologías están siendo desarrolladas y se enfatiza su potencial técnico para resolver un problema social en otro contexto. Desde ese punto de vista, la solución técnica, neutra, aliviaría la pobreza, sin estar vinculada, y sin ser afectada por relaciones sociales que han producido una creciente desigualdad social a nivel mundial. Sin embargo, hemos visto que poderosas tecnologías como la biotecnología, el satélite, la informática y la microelectrónica fueron desarrolladas y difundidas en las últimas décadas, sin que ello contribuyera a revertir la desigualdad y la pobreza que, por el contrario, se agudizaron.

### **El incremento de la competitividad económica se traduce, mecánicamente, en desarrollo social y, por ello, beneficiará a los pobres**

La posibilidad de una mayor competitividad internacional es el argumento que fundamenta el apoyo con fondos públicos a las investigaciones en nanociencias y nanotecnologías. Esto es explícito en la propuesta norteamericana, en la europea y en la de todos los países de América Latina que han desarrollado políticas en este sentido. Sin embargo, una mayor competitividad no garantiza una mejor distribución de la riqueza al interior de los países que alcanzan dicha competitividad. El ejemplo contemporáneo más elocuente es el de China, país que aumentó aceleradamente su competitividad en las últimas décadas convirtiéndose hoy en día en la cuarta potencia económica mundial, pero aumentando su desigualdad interna a la misma velocidad (National Chinese Statistics Office, citado por REBOSSIO, 2005).<sup>1</sup>

### **Sólo pueden preverse los impactos de las tecnologías una vez que estén en el mercado**

Las posturas optimistas sobre los beneficios de las nanotecnologías para los pobres poco abordan la cuestión de los riesgos que esas tecnologías pueden conllevar y de sus impactos desestructurantes sobre la economía y sociedad de los países en desarrollo. Es interesante señalar que, de forma general, en los países desarrollados sólo guarismos de un dígito del porcentaje total de los fondos públicos destinados a las nanociencias y nanotecnologías son dirigidos a investigaciones sobre los posibles riesgos sobre la salud y el medio ambiente, o sobre los impactos sociales, éticos y económicos de estas nuevas tecnologías. En América Latina prácticamente no hay ni indicaciones oficiales sobre la necesidad de este tipo de estudios, ni tampoco fondos explícitamente dirigidos a tales fines (FOLADORI, 2006). Es también común encontrar argumentos de científicos en el sentido de que es muy "temprano" para analizar los posibles impactos. Esto es un

<sup>1</sup>Es inclusive discutible si los niveles de pobreza disminuyeron en términos absolutos, como argumenta el Banco Mundial. Véase al respecto Wade (2004).

anacronismo. Los nuevos fármacos son obligados a pasar por demoradas y costosas pruebas antes de ser lanzados al mercado. Sin embargo, se argumenta que una tecnología disruptiva que está llamada a causar enormes cambios económicos y sociales no debe ser evaluada antes que esté en el mercado (SAREWITZ & WOODHOUSE, 2003).

## REFERÊNCIAS

ARGONIDE CORPORATION. **Nano Ceram® Filters**. Disponível em: <http://www.argonide.com/presentation.ppt> Acesso em: 26 mar. 2006.

BAKER, Stephen; ASTON, Adam. The business of nanotech. **Business Week**, 14 feb. 2005. Disponível em: [http://www.businessweek.com/technology/tech\\_stats/nano050203.htm](http://www.businessweek.com/technology/tech_stats/nano050203.htm) Acesso em: 27 mar. 2006.

BLOOM, Dan. Is the price of power getting you down? **The Motley Fool**, 20 jan. 2006. Disponível em: <http://www.fool.com/News/mft/2006/mft06012009.htm> Acesso em: ene. 2006.

BONADIO, J. et al. Improving human health and physical capabilities. theme C. Summary. In: ROCO, M. C.; BAINBRIDGE, W. S. (Ed.). **Societal implications of nanoscience and nanotechnology**. Arlington: NSET, 2001. Final Report from the Workshop held at the National Science Foundation, sept. 28-29, 2000. Disponível em: <http://www.wtec.org/loyola/nano/NSET.Societal.Implications/> Acesso em: 14 mar. 2005.

ETC GROUP. **NanoGeoPolitics: ETC Group Surveys the Political Landscape**. ETC Group Special Report, Communiqué n.90, July-Aug.2005. Disponível em: <http://www.etcgroup.org/upload/publication/51/01/com89specialnanopoliticsjul05eng.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2006.

FOLADORI, Guillermo. Nanotechnology in Latin America in the crossroad. **Nanotechnology Law & Business Journal**, Pasadena, v.3, n.2, 2006.

FREITAS, Robert. Nanotechnology and nanomedicine. **NanoNews-Now**, n.3, sept. 2003. 3rd. Edition of Premium Newsletter: Will you live to see 153? Years! That is.

INFOCHANNEL. **Nanotecnología solar, energía para gadgets**, 13 ene. 2005. Disponível em: [http://www.infochannel.com.mx/breaking.asp?id\\_notas=2455](http://www.infochannel.com.mx/breaking.asp?id_notas=2455) Acesso em: 17 ene. 2005.

JUMA, C.; YEE-CHEONG, L. (Coord.). **Innovation: applying knowledge in development**. London: UN Millennium Project/Task Force on Science, Technology, and Innovation: Earthscan, 2005. Disponível em: <http://www.unmillenniumproject.org/documents/Science-complete.pdf> Acesso em: 13 sept. 2005.

KELVES, Daniel J. **The physicists: the history of a scientific community in modern America**. Cambridge: Harvard University Press, 1987.

LUX RESEARCH. Lux research releases "The Nanotech Report 2004 key findings". **Nanoxchange**. Disponível em: <http://www.nanoxchange.com/NewsFinancial.asp?ID=264>. Acesso em: 12 feb. 2005.

MCDONALD, Steven A. et al. Solution-processed PbS quantum dot infrared photodetectors and photovoltaics. **Nature Materials**, London, v.4, p.138-142, 2005.

NORTH-SOUTH DIALOGUE ON NANOTECHNOLOGY: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES, Trieste, 2005. **Aide-mémoire of the expert group meeting on north-south dialogue...** Trieste: ICS-UNIDO, 2005. Disponível em: <http://www.ics.trieste.it/Documents/Downloads/df2552.pdf>. Acesso em: 13 set. 2005.

REBOSSIO, Alejandro. El dragón dormido despierta. **La Nación**, Buenos Aires, 31 dic. 2005. section 2, 1-2.

RIBEIRO, Silvia. Agua, transnacionales y nanotecnología. **La Jornada**, México, 26 mar. 2005.

SALAMANCA-BUENTELLO, Fet al. Nanotechnology and the developing world. *PLoS Medicine*, v.2, n.5, may 2005. Disponível em: <http://medicine.plosjournals.org/> Acesso em: 20 mayo 2005.

SAREWITZ, Daniel; WOODHOUSE, Edward. Small is powerful. In: LIGHTMAN, A.; SAREWITZ, D.; DESSER, C. **Living with the genie**. Washington: Island Press, 2003. p.63-83.

WADE, Robert H. Is globalization reducing poverty and inequality? **International Journal of Health Services**, Amityville, v.34, n.3, p.381-414, 2004.

WOODROW WILSON INTERNATIONAL CENTER FOR SCHOLARS. A nanotechnology consumers product inventory. **Project on Emerging Nanotechnologies**. Disponível em: [www.nanotechproject.org/index.php?id=44](http://www.nanotechproject.org/index.php?id=44) Acesso em: 11 mar. 2006.