

# **MEDICINA NANOLÓGICA**

**Aplicaciones médicas  
de la nanotecnología:**

**¿Cuál es su impacto en las comunidades  
marginadas?**



## **La nanomedicina de un vistazo**

**Asunto:** Las aplicaciones médicas de las tecnologías nanoescalares tienen el potencial de revolucionar el cuidado de la salud al brindar poderosas herramientas para diagnosticar y tratar las enfermedades desde un nivel molecular. Sin embargo, el celo actual en pos de tratamientos potenciados a nivel nanométrico puede desviar los escasos fondos destinados a la investigación y el desarrollo de la medicina y de los servicios esenciales de salud, disminuyendo los recursos directos destinados a los aspectos no médicos de la salud y el bienestar comunitarios. Aunque se proclama que la medicina nanológica es una solución a las urgentes necesidades de salud en el Sur global, en realidad surge del Norte y la diseñan primordialmente para los mercados ricos. El fin último de que la industria farmacéutica utilice tecnologías nanoescalares es hacer que todas las personas se vuelvan pacientes y que todo paciente sea un cliente que pague por “medicar” sus afecciones sociales con drogas y dispositivos que mejoren el desempeño humano (HyPE, por sus

siglas en inglés). Los HyPE habilitados nanológicamente podrían conducir a una era con dos niveles de humanos –el *Homo sapiens* y el *Homo sapiens* 2.0.

**Mercado:** Ya a mediados de 2006, se encontraban en etapa de desarrollo preclínico, clínico o comercial 130 fármacos y sistemas de suministro, además de 125 dispositivos o reactivos de diagnóstico, todos ellos con base nanotecnológica. El mercado combinado de la medicina habilitada nanológicamente (suministro de fármacos, terapia y diagnóstico) brincará de un poco más de mil millones de dólares en 2005 a casi 10 mil millones en 2010. La Fundación Nacional de la Ciencia estadounidense (NSF, por sus siglas en inglés) predice que para el año 2015 la nanotecnología será responsable de la mitad de los productos de línea en la industria farmacéutica. La medicina nanológica ayudará a los grandes consorcios farmacéuticos a prolongar la vigencia de las patentes de monopolio exclusivo con que cubren compuestos existentes y otros fármacos, más viejos, menos

complejos. Los analistas sugieren que la medicina habilitada nanotecnológicamente aumentará el margen de lucro y desalentará la competencia.

**Impacto:** La medicina nanológica puede tener su mayor impacto en el ámbito del “mejoramiento del desempeño humano” (conocido como HyPE). En combinación con otras nuevas tecnologías, la medicina nanológica –en teoría– hará posible alterar la estructura, la función y las capacidades de los cuerpos y los cerebros humanos. En el futuro cercano, las tecnologías HyPE, habilitadas nanológicamente, borrarán las distinciones entre “terapia” y “refinamiento, realce, mejoramiento” y podrían cambiar, muy literalmente, la definición de lo que significa estar sanos o ser humanos.

**El cotejo de la realidad:** Lo irónico es que permanecen abiertas algunas cuestiones cruciales acerca de los impactos ambientales y de salud de los materiales nanoscópicos que se utilizan para desarrollar medicamentos nanológicos. El nascente campo de la “nanotoxicología” está teñido de incertidumbre. Pese a que ya se comercializan algunos productos nanoescalares (incluidos medicamentos nanológicos), ningún

gobierno en el mundo ha desarrollado regulaciones que respondan a los aspectos básicos de una seguridad nanoescalar.

**Políticas:** ¿Realmente pueden los donantes de la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE) –que no pudieron proporcionar los mosquiteros necesarios a los países asolados por la malaria, o que entregaron un solo condón por adulto al año para combatir el VIH/SIDA en el Sur global–, alegar que las grandes inversiones en los nuevos nano remedios rendirán frutos en los países pobres? A los gobiernos del mundo les urge una amplia evaluación participativa de los riesgos sociales y científicos, éticos, culturales, socioeconómicos y ambientales de la medicina nanológica. Mantener el paso del cambio tecnológico requiere un marco de trabajo intergubernamental que inspeccione y valore la introducción de nuevas tecnologías. En su próxima reunión de 2007, la Asamblea Mundial de la Salud deberá emprender un análisis exhaustivo de la nanomedicina que contemple un contexto de salud social más amplio.

# MEDICINA NANOLÓGICA

## Aplicaciones médicas de la nanotecnología: ¿Cuál es su impacto en las comunidades marginadas?



**septiembre de 2006**

El Grupo ETC reconoce con agradecimiento el apoyo financiero del International Development Research Centre, de Canadá, a nuestra investigación sobre las aplicaciones médicas de las tecnologías nanoescalares. Agradecemos el apoyo adicional de SwedBio (Suecia), Canadian International Development Agency (CIDA), Marin Community Foundation (EUA), CS Fund (EUA), HKH Foundation (Estados Unidos). No obstante, los puntos de vista expresados en este documento son de la sola responsabilidad del Grupo ETC .

Diseño original e ilustraciones de Reymond Pagé

Traducción al castellano: Ramón Vera Herrera

*El Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración o Grupo ETC está dedicado a la conservación y al avance sustentable de la diversidad cultural y ecológica, así como a los derechos humanos. Con este propósito, el Grupo ETC apoya los desarrollos tecnológicos que sean socialmente responsables y útiles para los pobres y marginados; con este fin, aborda aspectos de gobierno que afectan a la comunidad internacional. También supervisamos la propiedad y el control de la tecnología y la consolidación del poder corporativo.*

El Grupo ETC ha producido una serie de informes que documentan los impactos sociales y económicos de las tecnologías que convergen en la escala nanométrica.

**Ingeniería genética extrema: una introducción a la biología sintética**  
(de próxima aparición)

**Medicina nanológica: aplicaciones médicas de la nanotecnología: ¿cuál es su impacto en las comunidades marginadas?**  
septiembre de 2006

**Nano geopolítica: El Grupo ETC examina el paisaje político**  
julio/agosto de 2005

**Las patentes de nanotecnología más allá de la naturaleza:  
sus implicaciones para el Sur global**  
junio de 2005

**La invasión invisible del campo: el impacto de las tecnologías nanoscópicas  
en la alimentación y la agricultura**  
noviembre de 2004

Estas y otras publicaciones están disponibles sin costo en nuestro sitio electrónico

**[www.etcgroup.org](http://www.etcgroup.org)**



# Contenido

## Resumen ejecutivo

### Introducción

El mercado y quiénes juegan

### Por qué en la escala nanométrica

Explotar los efectos cuánticos

Incrementar la disponibilidad biológica

Fármacos de pequeña escala

### El lado delicado de la novedad y la movilidad de lo nanoscópico

¿Partículas sin fronteras?

### De la terapia al refinamiento: el homo sapiens mejorado

Podrán usarse las tecnologías nanoescalares para combatir la salud?

Un ensayo en el molino del refinamiento: ¿podemos despegar?

### Tecnologías BANG: Lo nanoscópico hace posible la convergencia: ¿Conducirá esto a humanos mejores?

### ¿Qué papel jugará la medicina habilitada nanológicamente en remediar la enfermedad y la pobreza en el Sur global?

Medicamentos esenciales

### ¿Una nanotecnología “pro-pobres”?

Ingeniería nanoescalar para producir un medicamento contra la malaria.

VivaGel: la miniaturización de los microbicidas

### Aplicaciones de la medicina nanológica

1. Suministro de drogas dirigido
2. Nano-partículas terapéuticas
3. Nano-partículas aplicadas a la imagenología y el diagnóstico biomédico
4. Ingeniería de tejidos/implantes

### Conclusiones

### Recomendaciones

**Apéndice: Glosario de nanomedicina** (las palabras que en el texto aparecen en negritas se definen aquí)

### Notas

### Recuadros y tablas

Recuadro uno: *La salud* cuenta

Tabla uno: fármacos/productos médicos nanológicos aprobados por la FDA

Recuadro dos: ¿Será que más medicina es el arma adecuada para combatir las enfermedades?

Tabla dos: Selección de Tecnologías con aplicaciones y potencial para el mejoramiento del desempeño humano (HYPE)

Recuadro tres: La salud en los Objetivos de Desarrollo del Milenio

Tabla tres: Porcentaje de población en los países africanos con acceso regular a medicamentos esenciales

Recuadro cuatro: ¿Funciona el enfoque de “gran reto” a la salud global?

Tabla cuatro: Iniciativas actuales de salud global





## Resumen ejecutivo

Este informe examina las aplicaciones médicas de drogas, dispositivos e instrumentos de diagnóstico habilitados nanotecnológicamente. ¿Qué impacto tendrá la medicina nanológica en la industria farmacéutica? ¿Responderá la medicina habilitada nanológicamente a las necesidades de salud de las comunidades marginadas, especialmente en el Sur global? ¿Qué papel jugará?

Las aplicaciones médicas de las tecnologías con escala nanométrica tienen el potencial de brindar nuevos y poderosos instrumentos para detectar, diagnosticar y tratar las enfermedades a nivel molecular. Los entusiastas de la nanotecnología alegan que la medicina nanológica revolucionará la atención a la salud.

Los desarrollos incluyen, por ejemplo:

- Nano-sensores que circulen dentro del cuerpo para monitorear los niveles de glucosa, colesterol u hormonas.
- Nano-proyectiles de oro que hacen blanco en las células cancerosas, y que una vez que identifican las células tumorales pueden destruirse con un láser no invasivo.
- Nano-partículas “inteligentes” que buscan una localización específica dentro del cuerpo humano y luego suministran con precisión una dosis programada de medicamento.
- Puntos cuánticos luminiscentes que rastrean una proteína particular dentro una célula viva.
- Nano-partículas de plata que maten microbios resistentes a los antibióticos.
- Armazones tridimensionales nano estructurados para crecer nuevo tejido y órganos humanos

Las aplicaciones médicas de la nanotecnología pueden sonar a ciencia-ficción, pero no lo son — un puñado de drogas y dispositivos habilitados nanológicamente están ya aquí —, y hay muchas más que vendrán pronto por conducto de la tecnología de lo minúsculo. Para mediados de 2006, 130 fármacos y sistemas de administración, más 125 dispositivos o pruebas de diagnóstico, todos basados en la nanotecnología, han entrado en una fase de desarrollo preclínico, clínico o comercial.

El mercado para la medicina habilitada nanológicamente (incluidos el suministro de medicamentos, la terapia y el diagnóstico) brincaré de un poco más de mil millones de dólares en 2005 a casi diez mil millones de dólares para 2010. Los gobiernos — no las corporaciones — son quienes toman la delantera en la investigación y el desarrollo de la nanomedicina.

*“La bolsa de trucos de la nanotecnología, con la que inventa nuevas moléculas y manipula las ya existentes naturalmente podría maravillar por su potencial para mejorar la atención a la salud... la nanotecnología podría habilitar mejores sistemas de alerta temprana en el diagnóstico del cáncer y las afecciones cardíacas, curas para las enfermedades progresivas como la fibrosis quística, técnicas para realizar implantes tales como caderas artificiales más eficaces, incluso riñones artificiales.”*

-Barnaby J. Feder, “Doctors Use Nanotechnology to Improve Health Care”, New York Times, 1 de noviembre, 2004

*Aunque la medicina habilitada nanológicamente pueda brindar beneficios, se mueve muy aprisa en ausencia de un debate público que aborde sus impactos económicos y sociales de largo alcance.*

Los investigadores, financiados con fondos públicos y las compañías de innovación nano-biotecnológica, son hoy los principales actores. La gran industria farmacéutica se mantiene en los márgenes —pero los análisis predicen que entrarán pronto al juego.

Aunque la medicina habilitada nanológicamente pueda brindar beneficios, se mueve muy aprisa en ausencia de un debate público que aborde sus impactos económicos y sociales de largo alcance. Algunos productos nanométricos que se intenta usar en el cuerpo humano pueden ser terapéuticos, pero aún hay muchas preguntas sin respuesta en cuanto a los impactos de la nanotecnología en la salud y el ambiente. Los productos que incorporan materiales nanométricos mediante ingeniería podrían entrar al cuerpo accidentalmente a través del ambiente o la cadena alimenticia. Los desarrollos de la nanomedicina podrían dar por resultado personas más saludables aun cuando los nuevos materiales nanoscópicos liberados al ambiente puedan enfermar a la gente. Nadie está seguro de cómo poder distinguir entre los nano productos benignos y los peligrosos, y el naciente campo de la nanotoxicología está teñido de incertidumbre.

Las tecnologías que convergen en la escala nanométrica (incluida la biotecnología, la neurotecnología y las tecnologías de la información) llegarán mucho más lejos que los diminutos dispositivos para suministrar medicamentos o que los reactivos de diagnóstico a nivel celular, propios para gente enferma. La convergencia tecnológica hará posible, teóricamente, alterar la estructura, la función y las capacidades de los cuerpos y los cerebros humanos. En el futuro cercano, las tecnologías que se pretende usar en el cuerpo —habilitadas por la nanotecnología— borrarán cualquier distinción entre “terapia” y “mejoramiento” y podrían alterar la definición de lo que significa ser humano.

Algunas personas alegan que la nanotecnología ayudará a extender el rango de la vida humana mucho más allá de un siglo (“eliminando la muerte prematura”) y nos permitirá transferir información directamente a nuestros cerebros. En última instancia, la amplia aceptación de las tecnologías de mejoramiento del desempeño humano (HyPE, por sus siglas en inglés) —suponiendo que funcionen según su diseño— crearán una brecha basada en las “habilidades”, entre quienes pueden pagarlas y quienes no pueden (o aquéllos que decidan resistirse a ellas).

Se proclama que las tecnologías nanoescalares son las herramientas tecnológicas que nos ayudarán a lograr los *Objetivos de Desarrollo del Milenio*: los objetivos de Naciones Unidas para promover el desarrollo humano e impulsar la sustentabilidad social y económica en el Sur global.<sup>1</sup> Sin embargo, las innovaciones de la medicina nanológica surgen del Norte y se diseñan primordialmente para los mercados de la OCDE.

*En el futuro cercano, las tecnologías que se pretende usar en el cuerpo —habilitadas por la nanotecnología— borrarán cualquier distinción entre “terapia” y “mejoramiento” y podrían alterar, bastante literalmente, la definición de lo que significa ser humano.*

*La industria y los analistas predicen que la nanotecnología incrementará los márgenes de lucro, expandirán el rango de la propiedad intelectual y desalentarán la competencia.*

*Las nuevas tecnologías médicas son irrelevantes para la gente pobre si no se hacen accesibles o si son incosteables. La innovación científica es inútil si las personas marginadas no tienen acceso a las tecnologías o a los tratamientos ya existentes.*

Los fármacos y dispositivos habilitados con nanotecnología jugarán un papel en garantizar y prolongar la vigencia de las patentes monopólicas que cubren compuestos medicinales y drogas más antiguas no tan eficaces. La industria y los analistas predicen que la nanotecnología incrementará los márgenes de lucro, expandirá el rango de la propiedad intelectual y desalentará la competencia.<sup>2</sup>

Es muy posible que con las empresas empeñadas en hacer negocios “como siempre”, las innovaciones médicas de la nanotecnología concentren aún más el poder de la industria farmacéutica y no sean lo suficientemente relevantes para responder a las necesidades de salud y pobreza de las comunidades marginadas.

El desarrollo de la medicina habilitada nanológicamente (y su potencial para responder a las necesidades globales de salud) deben examinarse en un contexto político y social más amplio. La crisis global de salud no surge de la ausencia de una tecnología médica ni de una falta de innovaciones. Pese a décadas de sorprendentes avances en la posibilidad de salvar vidas o de extenderlas mediante la tecnología, un tercio de la población mundial no puede acceder de modo estable a medicinas esenciales.<sup>3</sup> Hay partes de África y Asia en que esta cifra se eleva a más de la mitad de la población. Según los informes publicados en 1988 y 2004 por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el número de personas que no accede a medicinas esenciales permaneció fijo durante el lapso de 16 años entre informe e informe. Las nuevas tecnologías médicas son irrelevantes para la gente pobre si no se hacen accesibles o si son incosteables. La innovación científica es inútil si las personas marginadas no tienen acceso a las tecnologías o a los tratamientos ya existentes.

En el contexto social y político actual, una inversión importante en las investigaciones y el desarrollo de la medicina nanológica puede no ser la receta correcta para responder a las necesidades de salud humanas, especialmente en el Sur global.

La historia muestra que las nuevas tecnologías no resuelven los complejos problemas enraizados en las inequidades sociales y de pobreza. Desde el inicio del siglo XXI, la expectativa de vida *decreció* en 38 países de todo el mundo. Incluso en América del Norte y Europa, donde las tasas de mortalidad disminuyeron de modo estable durante todo el siglo XX, los estudios muestran que esos descensos fueron, en gran medida, independientes de las intervenciones médicas y tendrían que atribuirse, más correctamente, a mejoras en la nutrición y la higiene. Las medicinas habilitadas nanológicamente y el celo en promover las tecnologías de refinamiento del desempeño amenazan con apartar de las necesidades esenciales de salud los escasos fondos destinados a la investigación y desarrollo de la medicina.

*Las nuevas tecnologías nanoescalares nos ofrecen ahora intervenciones que pretenden que nuestros cuerpos serán más fuertes, más hábiles, más duraderos.*

*Las intervenciones básicas que conducen a mejoras en vivienda y sanidad, acceso a agua limpia y educación —por ejemplo, pueden, en última instancia, conducir a mejoras mayores en salud humana que las tecnologías médicas de punta.*

*Pero es no es lo único. Enfatizar las soluciones médicas desvía la atención y los recursos que se canalizaban hacia aspectos no médicos como la salud y el bienestar comunitario.*

### Recuadro Uno: La salud cuenta<sup>4</sup>

**Definición de salud.** ¿Es la *salud* sinónimo de *bienestar*? Si no son equivalentes, ¿en qué se diferencian? Hay por lo menos dos aproximaciones al pensamiento relacionado con la salud: ésta puede entenderse como el funcionamiento normativo de todo el cuerpo e, implícitamente, la ausencia de cualquier afección o enfermedad que resulte en un funcionamiento subnormativo en referencia a lo definido como “salud médica”. Quienes entienden la salud de esta manera no rechazan la idea de que las condiciones “sociales” –tales como un empleo sujeto a tensiones o vivir en una zona de guerra– puedan cobrar su cuota afectando la salud, pero el foco y el punto de intervención se sitúan siempre en el cuerpo (digamos, remediar la hipertensión ocasionada por un empleo de gran tensión o la depresión clínica experimentada por las víctimas de la guerra). Según este modelo médico, todo funcionamiento sub-normativo le pertenece a un “paciente” al que se le receta el tratamiento médico necesario para que recupere (o intente obtener) el funcionamiento normativo.

Una segunda aproximación más amplia para entender la salud podría catalogarse como un modelo “social”, que reconoce que los bienestar mental y social son necesarios para la salud –además del bienestar físico o la ausencia de afecciones físicas. Según el modelo social, no se requiere que una persona sea un paciente con un cuerpo que funciona sub-normalmente para sufrir de una salud menguada. Una mujer que es víctima de discriminación sexual en el trabajo puede tener un cuerpo libre de enfermedades físicas, pero puede no ser sana, de acuerdo con el modelo social. Desde principios de 1948, la Organización Mundial de la Salud considera que los bienestar social y mental son componentes necesarios de la salud.<sup>5</sup>

Las implicaciones de adoptar un modelo en detrimento del otro son enormes, y son más obvias en los puntos de intervención. Por ejemplo, si se utiliza el modelo social, las posibles intervenciones que ayuden a una víctima de injusticia social (digamos de discriminación sexual) a que logre la salud pueden incluir el litigio civil, la protesta, la reforma legislativa, entre otras muchas –cualquier acción puede traer consigo un bienestar social y mental si logra cambiar, esto sería lo óptimo, las estructuras sociales que propiciaron que existiera la injusticia. Por supuesto, desde el modelo médico es posible enfrentar la ausencia de un bienestar social, –sea tratando los efectos sobre el cuerpo (hipertensión, depresión y ansiedad son algunas de las posibilidades) o intentando “curar” al paciente de la condición relacionada con una deficiente salud social. En el modelo médico, una de las “curas” posibles para un parapléjico que es víctima de la discriminación y de la injusticia social podría ser una intervención médica –piernas biónicas en vez de edificios de fácil acceso, por ejemplo.

Las nuevas tecnologías nanoescalares nos ofrecen ahora intervenciones que pretenden que nuestros cuerpos serán más fuertes, más hábiles, más duraderos. Los transhumanistas, que profesan la noción de que aun el cuerpo más saludable puede ser mejorado mediante la tecnología, avizoran una nueva manera de pensar en la salud. Para ellos, el cuerpo humano se desempeña subnormativamente –a menos que aquel cuerpo sea “mejorado” con refinamientos tecnológicos. El bienestar social puede también ser importante para los transhumanistas, pero se logra interviniendo el funcionamiento del cuerpo.

Una de las obvias dificultades del enfoque transhumanista es que el estado óptimo de salud cambiaría constantemente dependiendo de lo que la “industria del refinamiento” pusiera a disposición en el mercado. Ya sabemos del mareador ritmo que imponen los refinamientos del *software* de los ordenadores y que podemos quedar aislados del ciberespacio si no compramos el escalamiento más reciente. ¿Cuántos de nosotros estamos listos para *Homo sapiens 2.0*?

## Introducción

El término nanotecnología se refiere a la manipulación de la materia en la escala de los átomos y las moléculas —donde el tamaño se mide en millonésimas de un milímetro. Un nanómetro equivale a la mil millonésima parte de un metro. En la escala nanométrica (entre uno y cien nanómetros [nm]), los materiales pueden exhibir muy diferentes propiedades que los mismos materiales de la misma composición pero de escala mayor. Propiedades tales como fuerza, conductividad, color y toxicidad pueden cambiar en la escala nanométrica —y las propiedades pueden cambiar dentro de dicha escala también. Al explotar los cambios nanoescalares de dichas características, los investigadores intentan crear materiales novedosos que cuenten con mayor funcionalidad.

La nanotecnología es descrita por algunos como la “tecnología transformadora del siglo XXI”.<sup>6</sup> Los expertos predicen que la nanotecnología revolucionará la manufactura en todos los sectores de la industria y eventualmente “impactará la producción de virtualmente todos los objetos fabricados por humanos”.<sup>7</sup>

La medicina es justamente un sector que será profundamente influido por los materiales y dispositivos nanoescalares. Este informe examina las aplicaciones médicas de drogas, dispositivos e instrumentos de diagnóstico habilitados nanotecnológicamente, y evalúa el papel que jugará la medicina nanológica en resolver o no las necesidades relacionadas con la salud en las comunidades marginadas, especialmente en el Sur global.

### El mercado y quiénes juegan

A nivel mundial, la investigación nanotecnológica y su desarrollo en todos los sectores fue en 2005 de 9 600 millones de dólares aproximadamente.<sup>8</sup> Aunque las compañías, los políticos y los medios la citan con frecuencia como el área más promisoría de la investigación nanotecnológica, de hecho la medicina nanológica ha recibido menos financiamiento que otros sectores, tales como la nanoelectrónica y los nano-materiales.

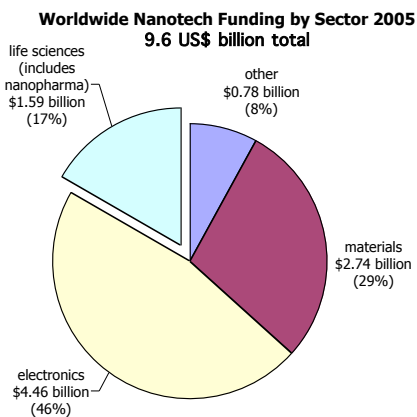
Según Lux Research Inc., cerca de 17 por ciento de todo el financiamiento destinado en 2005 a la nanotecnología, aproximadamente 1 600 millones de dólares, se dedicó al “sector de ciencias de la vida”. (Aunque “ciencias de la vida” es algo muy amplio, Lux Research informa que la mayor parte de la inversión en esta categoría se relaciona con los usos médicos habilitados nanológicamente.)<sup>9</sup>

### **Qué es la medicina nanológica**

*La Fundación Europea de la Ciencia [European Science Foundation] define la nanomedicina como “la ciencia y la tecnología para diagnosticar, tratar y prevenir las enfermedades y las heridas traumáticas, para aliviar el dolor y para conservar y mejorar la salud humana utilizando los instrumentos moleculares, los conocimientos moleculares, del cuerpo humano”.<sup>10</sup>*

*A grandes rasgos, los institutos canadienses de investigación en salud definen la nanomedicina como la medición o intervención biomédica especializada —a escala molecular— que se requiere para lidiar con las enfermedades o restaurar las funciones.<sup>11</sup>*

En las primeras épocas de la nanotecnología (en 2001), la Fundación Nacional de Ciencia (NSF por sus siglas en inglés) de Estados Unidos predijo que la nanotecnología “ayudará a prolongar la vida, mejorar su calidad y expandir las capacidades físicas humanas”, y que para 2010 o 2015 la mitad de toda la producción farmacéutica — más de 180 mil millones de dólares por año— dependería de la nanotecnología. Más recientemente, Lux Research calculó que el mercado para los sistemas de suministro de medicamentos habilitados nanológicamente crecerá de 980 millones de dólares en 2005 a cerca de 8 600 millones en 2010. La terapéutica nanoscópica (como la nano-plata para cubrir heridas) representaba 28 millones de dólares en 2005 y alcanzará los 310 millones en 2010. El mercado para el diagnóstico habilitado con nanotecnología crecerá de 56 millones en 2005 a más de mil millones en 2010.



Source: Lux Research, Inc.

**Financiamiento mundial a la nanotecnología por sectores, 2005**

**9 600 millones de dólares en total**

Ciencias de la vida (incluida la nano farmacéutica) 1 590 millones de dólares (17 %)  
 Electrónica 4 460 millones de dólares (46 %)  
 Materiales 2 740 millones (29 %)  
 Otras 780 millones de dólares (8 %)

La nanotecnología es una industria naciente pero las drogas y los dispositivos médicos que se habilitan nanológicamente están ya en el mercado, y hay más que nos llega por los conductos de la minúscula tecnología: según *NanoBiotech News*, el camino de la nanomedicina y sus dispositivos nanométricos creció repentinamente 68% entre 2005 y 2006. Para mediados de 2006, 130 drogas y sistemas de suministro, más 125 dispositivos o pruebas de diagnóstico, se hallan en un estado de desarrollo preclínico, clínico o comercial; 75% de estos productos son desarrollados en Estados Unidos.<sup>12</sup> Entre los líderes en el campo de la nanomedicina están, además, Canadá, Australia e Israel (ver Tabla 1). Los analistas de la industria consideran que la aprobación del Abraxane (una droga nanológica para tratar el cáncer de mama) por parte de la FDA estadounidense, en enero de 2005, es un “parteaguas” en la nanomedicina comercial.<sup>13</sup> **-Ver también el Apéndice 1.**

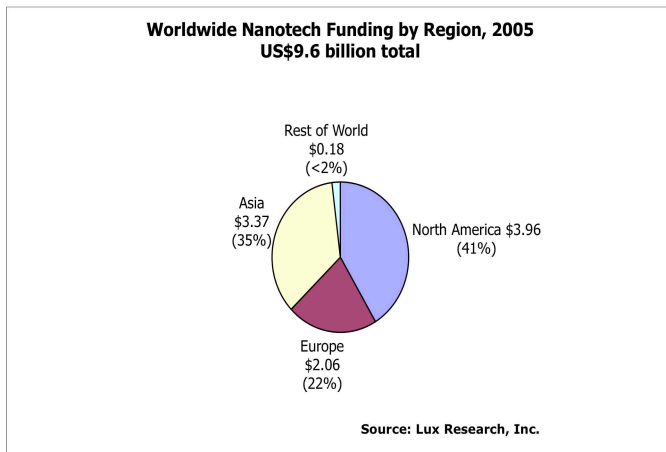
*Para mediados de 2006, 130 drogas y sistemas de suministro con base en la nanotecnología, más 125 dispositivos o pruebas de diagnóstico, se hallan en un estado de desarrollo preclínico, clínico o comercial.*

*Las grandes farmacéuticas están colaborando con las empresas de innovación nano-biotecnológica, pero dado que la nanotecnología sigue siendo una tecnología no probada y es incierto el proceso de aprobación por parte de la FDA, las principales compañías de medicamentos no han hecho todavía grandes inversiones.*

*La aprobación del Abraxane (una droga nanológica para tratar el cáncer de mama) por parte de la FDA estadounidense, en enero de 2005, es un “parteaguas” en la nanomedicina comercial. (Ver Apéndice 1)*

Según Lynn Yoffee, de *NanoBiotech News*, “un tercio (30%) de todos los productos se desarrollan como parte de contratos de colaboración o licencia con compañías biotecnológicas y farmacéuticas que se asocian para promociones particulares, pero las empresas de innovación nano-biotecnológica y las instituciones académicas siguen siendo los principales promotores del desarrollo de productos nanotecnológicos”.<sup>14</sup>

Son los gobiernos, no las corporaciones, quienes siguen llevando la delantera en la investigación y el desarrollo de la medicina nanológica. De los 1 600 millones de dólares destinados a la investigación y el desarrollo de la nanotecnología relacionada con las ciencias de la salud en 2005, un mezcuno 8% provino de la industria.<sup>15</sup>



#### Financiamiento mundial de la nanotecnología por región, 2005

9 600 millones de dólares en total

Asia 3 370 millones (35%)

América del Norte 3 960 millones (41%)

Europa 2 060 millones (22%)

Aunque la mayoría de las quinientas compañías citadas por *Fortune* invierten en la investigación y el desarrollo de la nanotecnología, en el sector de ciencias de la

vida las principales compañías farmacéuticas han asumido una actitud de espera cautelosa – un enfoque que nos recuerda los primeros tiempos de la biotecnología. Las grandes farmacéuticas están colaborando con las empresas de innovación nano-biotecnológica, pero dado que la nanotecnología sigue siendo una tecnología no probada y es incierto el proceso de aprobación por parte de la FDA, las principales compañías de medicamentos no han hecho todavía grandes inversiones.<sup>16</sup>

Un especulador en capitales de riesgo le dijo a *NanoBiotech News*, “Una de las lecciones aprendidas durante 2005 es que debemos ser cautelosos en cuanto a parecer “nano” cuando uno trata con la FDA. Si tienes un proyectil nanoscópico de oro, debe comportarse como un coloide de oro. Si es un lípido, debe comportarse como una emulsión. Desde la perspectiva reguladora, uno debe proponer una tecnología que remita a lo conocido. Si no, tendrás que emprender muchas más pruebas adicionales”.<sup>17</sup> Tal vez con esta estrategia en mente, muchas compañías han buscado no parecer propensos a lo “nano”:

Nanopharma Corporation se convirtió en Mersana Therapeutics y Nanocure cambió su nombre a Avidimer Therapeutics.

Entre 2002 y 2007, el gobierno estadounidense invirtió – en términos generales – , 773 millones de dólares en la investigación y el desarrollo de nanotecnología relacionada con la salud.<sup>18</sup> A fines de 2005, el National Cancer Institute (NCI), parte de los institutos nacionales de salud estadounidenses, concedió 26.3 millones de dólares en donaciones para un primer año de operación con el fin de establecer ocho centros de excelencia en nanotecnología de cáncer (CCNE, por sus siglas en inglés), como parte de un proyecto de 144.3 millones de dólares a cinco años (para el periodo 2004-2009), conocido como Alliance for Nanotechnology in Cancer.<sup>19</sup> La Alianza promovida por el NCI busca “aprovechar el poder de la nanotecnología para cambiar radicalmente el modo en que diagnosticamos, tratamos y prevenimos el cáncer”.<sup>20</sup>

Entre 2003 y 2008, el sexto programa-marco de investigación de la Unión Europea (European Union's Sixth Research Framework Program) destinará 233.5 millones de euros a proyectos relacionados con nanomedicina.<sup>21</sup>

El gobierno canadiense invirtió aproximadamente 32 millones de dólares canadienses en nanomedicina entre 2000 y 2006 a través de los institutos canadienses de investigación en salud (o CIHR, como se les conoce en inglés), que lanzaron en 2003 una iniciativa en medicina regenerativa y nanomedicina (Regenerative Medicine and Nanomedicine Initiative).<sup>22</sup> Entre 2006 y 2007, los CIHR esperan gastar aproximadamente 15 millones de dólares canadienses en la investigación y el desarrollo de la medicina nanológica.

**Tabla I: Drogas/productos médicos nanológicos aprobados por la FDA**

Producto/fabricante	Aprobación de la FDA	Propósito
<i>Abraxane</i> American BioScience, Inc	Enero de 2005	Nano-partículas que contienen <i>paclitaxel</i> , que aumenta la cantidad de droga anticancerosa disponible, para matar células cancerígenas en mama
<i>Doxil</i> Ortho Biotech Products (el sistema de suministro basado en liposomas desarrollado por ALZA)	1999	Sistema de suministro de nano-partículas basado en liposomas recubiertos con polímeros, conocido como "Stealth" ["el furtivo"]. <i>Doxil</i> es el primer producto que incorpora esta tecnología para el tratamiento de cáncer en ovarios.
<i>Emend</i> Merck —tecnología bajo licencia de Elan	Aprobado	Versión nano-particulada del medicamento <i>Aprepitant</i> , un antiemético, utilizado para prevenir la náusea en los pacientes de cáncer que reciben quimioterapia
<i>Rapamune</i> Wyeth —tecnología bajo licencia de Elan	2000	Formulación nano-particulada de Sirolimus ( <i>Rapamune</i> ) para prevenir el rechazo en pacientes que reciben trasplantes de órganos.
<i>Silcryst</i> Nucryst Pharmaceuticals/ producto distribuido por Smith&Nephew como <i>Asticoat</i>	Disponible comercialmente desde 1998. La FDA lo aprobó para su uso sin prescripción en 2001.	Plata nano-cristalina incorporada en los recubrimientos de las heridas por sus propiedades antimicrobianas.
<i>SilvaGard</i> AcryMed, Inc.	diciembre de 2005	Catéter recubierto con nano-partículas antimicrobianas de plata para el uso interno en el cuerpo.
<i>TriCor</i> Abbott Laboratories —tecnología bajo licencia de Elan	FDA lo aprobó en noviembre de 2004	Formulación nano-particulada del <i>TriCor</i> (una droga para tratar el colesterol alto).
<i>Verigene</i> Nanosphere, Inc.	Pendiente de aprobación (a mediados de 2006)	Plataforma <i>In vitro</i> para probar muestras de sangre o saliva en la detección de ácidos nucleicos y proteínas que tengan concentraciones extremadamente bajas.



## Por qué en la escala nanométrica

Los entusiastas de la nanotecnología tienen grandes esperanzas de que brindará tratamientos especialmente eficaces para combatir las afecciones y las enfermedades. La razón es simple: la nanotecnología opera en la misma escala que la biología. Una molécula de ADN es de unos 2.5 nm de ancho y la hemoglobina (la proteína de la sangre que es responsable del transporte de oxígeno) es de unos 5 nm de diámetro. Las células humanas son mucho más grandes – en el orden de las 10-20 micras en diámetro (10 mil a 20 mil nanómetros) – lo que significa que los materiales y dispositivos nanoescalares pueden penetrar con facilidad en casi todas las células sin activar respuesta de inmunidad alguna.<sup>23</sup>

La expectativa es que puedan diseñarse partículas, materiales y dispositivos nanoescalares que interactúen con los materiales biológicos en formas más directas, eficientes e incluso más precisas. Y debido a su tamaño diminuto serán capaces de acceder a áreas del cuerpo – como el cerebro o las células particulares – que han sido muy difíciles de alcanzar con las tecnologías actuales.

Por ejemplo, el Instituto Nacional del Cáncer del gobierno estadounidense afirma que la nanotecnología promete “acceso al interior de la célula viva [lo que] permite la oportunidad de obtener ventajas sin precedentes para alcanzar nuevas fronteras en la investigación básica y clínica.<sup>24</sup> Tener la posibilidad de insertar sondeos nanoescalares en células particulares aumentará el entendimiento de los complejos modos de operación de las células y permitirá una detección muy temprana de células aberrantes que apunten a un estado enfermo.<sup>25</sup>

### Explotar los efectos cuánticos

Además, algunos materiales nanoescalares diseñados como aplicaciones biomédicas mostrarán propiedades poco comunes que incrementarán su funcionalidad. Las sustancias menores al rango cercano a los 100 nm pueden comportarse de modo diferente que las partículas mayores de la misma sustancia. Los materiales nanoescalares pueden diferir de sus versiones micro o macro en fuerza, color, elasticidad y/o toxicidad; pueden ser capaces de conducir electricidad de formas más eficientes o pueden ser más reactivas químicamente. Las propiedades ópticas, eléctricas o estructurales que son específicas de la escala nanométrica se conocen como “efectos cuánticos”. Es más, las propiedades cuánticas de una sustancia pueden cambiar dentro del rango de la escala nanométrica. Algunas nanopartículas de oro son inertes, por ejemplo, mientras otras nanopartículas de oro de diferente tamaño son reactivas. La forma importa también.

*La nanotecnología cambiará radicalmente el estudio de los mecanismos biológicos básicos y mejorará de modo significativo la prevención, la detección, el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades. Un punto clave de este potencial es que la nanotecnología opera en la misma escala que los procesos biológicos, lo que ofrece una ventaja única para observar y manipular los conductos y los procesos biológicos fundamentales.*  
Jeffery Schloss,  
Codirector de National Institutes of Health Nanomedicine Roadmap Initiative.<sup>26</sup>

Es posible que una nanopartícula esférica de 20 nm de una sustancia específica no sea tóxica para las células, mientras que una partícula de 60 nm, en forma de barra de la misma sustancia, produzca un efecto citotóxico (tóxico para las células). En la actualidad no hay modelos que puedan predecir los efectos cuánticos, por lo que hay el proyecto de caracterizar nanomateriales específicos —en un intento por entender sus atributos físicos, sus propiedades biológicas *in vitro* y su compatibilidad *in vivo* (usando animales primero).<sup>27</sup> La tarea de mapear completo el nuevo mundo de los materiales nanoescalares es abrumadora, si no imposible, si se toma en cuenta todas las posibles variaciones de sustancia, tamaño, forma y estructura superficial.

### **Incrementar la disponibilidad biológica**

*(Las palabras en negritas en el texto se definen en el glosario)*

Sin embargo, no todas las aplicaciones médicas de la nanotecnología explotarán los efectos cuánticos. Una droga que asuma la forma de una partícula de 400 nm puede ser más eficaz que su versión de 2 micras porque tiene más **disponibilidad biológica\*** —es decir, que el cuerpo hace uso de ella—, o puede ser capaz de tener acceso directo a un tumor, por ejemplo, y es muy probable que no exhiba sus propiedades nanoescalares, únicas. En general, sólo las sustancias menores a 100 nm (en por lo menos una de sus dimensiones) pueden exhibir efectos cuánticos, aunque hay casos particulares —como ocurre con los **polímeros** a los que se refuerza con nanopartículas formando ligas entre ambos materiales— en que las propiedades especiales se exhiben en tamaños mayores de 100 nm.<sup>28</sup>

La visión más reciente es combinar las drogas formuladas nanológicamente con un **suministro de drogas dirigido** basada en una **medicina personalizada** —un enfoque al manejo de la salud que se basa en considerar el perfil genético del paciente para descubrir sus predisposiciones individuales a enfermedades particulares o su nivel de receptividad a fármacos específicos. En el futuro, según esta visión, los tratamientos habilitados con nanotecnología podrán ser dispositivos multifuncionales capaces de detectar e identificar enfermedades particulares a nivel celular y, en el momento propicio, suministrar la droga correcta en la dosis correcta, confeccionando el tratamiento según el paciente individual, con información, en tiempo real; de tal modo que se evalúe el estado de la enfermedad.<sup>29</sup>

*Una firma de investigación de mercados calcula que 65 mil millones de dólares de los ingresos anuales procedentes del mercado de medicamentos (casi 16 por ciento de las ventas totales de la industria farmacéutica) provienen de fármacos que cuentan con poca disponibilidad biológica, lo que propicia más altos costos para los pacientes, tratamientos ineficaces y un mayor riesgo de toxicidad.*

*Las compañías farmacéuticas ya sacan ventaja de la expansión de la protección de sus patentes, algo que es posible mediante sus formulaciones nano-particuladas.*

## Fármacos de pequeña escala

La nanotecnología ya cambió el modo de formular algunos medicamentos y, en ciertos casos, reformularlos.

Cuando un compuesto farmacéutico es formulado como nanopartícula, aumenta su nivel de disponibilidad biológica. En otras palabras, el cuerpo puede absorber un compuesto, así formulado, más pronto y fácil — y como tal utilizarlo más eficazmente — si el compuesto existe en una escala más cercana a la escala en que ocurren los procesos biológicos. El nivel de disponibilidad biológica de una droga es uno de los elementos importantes para determinar su eficacia. Una firma de investigación de mercados calcula que 65 mil millones de dólares de los ingresos anuales procedentes del mercado de medicamentos (casi 16 por ciento de las ventas totales de la industria farmacéutica) provienen de fármacos que cuentan con poca disponibilidad biológica, lo que propicia más altos costos para los pacientes, tratamientos ineficaces y un mayor riesgo de toxicidad.<sup>30</sup> Elan Corporation, con sede en Dublín, Irlanda, ha desarrollado un proceso patentado para “moler” compuestos farmacéuticos y producir pequeñas partículas (comúnmente menores a 100 nm) que cuentan con una disponibilidad biológica mayor y tasas de absorción más veloces, según informes de la propia compañía.<sup>31</sup> Elan afirma también que las drogas nanológicas recién formuladas eliminan la “variabilidad ayuno/saciedad” (es decir, que importa menos si la droga se toma junto con los alimentos). Las grandes compañías farmacéuticas como Wyeth, Merck y Abbot ya le entregaron sus compuestos patentados a Elan para que los “muela”. En la mayor parte de los casos, las drogas ya contaban con la aprobación de la FDA estadounidense en sus formulaciones de mayor tamaño, y mientras las compañías puedan demostrar su “bioequivalencia”<sup>32</sup> — que la diferencia en la acción de la droga entre su antigua y su nueva formulación es “medicamento insignificante” —, la nueva versión nanológica no es sometida a un más escrutinios regulatorios, como lo sería si se pidieran más pruebas clínicas.<sup>33</sup>

Las farmacéuticas confían en sus formulaciones nano-particuladas para mejorar el valor terapéutico de “drogas de bajo desempeño”, pero también buscan mejorar sus ganancias. Es posible que viejos medicamentos, que ya no están en el mercado por su baja eficacia o por sus efectos colaterales potencialmente adversos en ciertas poblaciones de pacientes, puedan hacerse más eficaces o más seguros si se reformulan nanoscópicamente, lo que reduciría significativamente el costo del proceso de desarrollo de medicamentos. Las compañías farmacéuticas ya sacan ventaja de la expansión de la protección de sus patentes, algo que es posible mediante sus formulaciones nano-particuladas.<sup>34</sup>

*Con el fin de reavivar viejos medicamentos, unas cuantas compañías previsoras usan la nanotecnología con más y más frecuencia. Si las compañías farmacéuticas reformularan las drogas existentes en vez de desarrollar nuevas esto reduciría sustancialmente los costos de desarrollo y a la vez extendería el ciclo de vida de la protección de una patente, lo que produciría millones más en ventas.*

*Lux Research, Inc. <sup>35</sup>*

*...si puede mostrarse de manera convincente, y con base en un terreno común aceptado, que la mayor parte de los descensos en mortalidad no guarda relación con las actividades de la atención médica, entonces podrá impulsarse algún compromiso con los cambios sociales y con reordenar prioridades...*

Incluso en los casos en que no pueda demostrarse una bioequivalencia entre un medicamento y su contraparte nanoescalar —y se hagan necesarias más pruebas clínicas, existe en Estados Unidos una ventaja estratégica: al poseionario de una patente se le concede un periodo de tres o cinco años de “exclusividad sin patente”, mientras se somete el medicamento a nuevos ensayos clínicos.<sup>36</sup> Este periodo es independiente de los derechos de patente y beneficia a las grandes farmacéuticas porque mantiene a raya a las compañías que producen medicamentos genéricos más baratos.<sup>37</sup>

### **Recuadro dos: ¿Será que más medicina es el arma adecuada para combatir las enfermedades?**

En un artículo memorable —pero no único en su tipo—, JB y SM McKinlay cuestionaron en 1977 la contribución de las intervenciones médicas en el descenso de las tasas de mortalidad en Estados Unidos desde 1900.<sup>38</sup> Ellos concluyeron que, a los sumo, 3.5 por ciento del descenso (entre 1900 y 1973) podía atribuirse a las intervenciones médicas y presentaron datos que mostraron que en el caso de muchas enfermedades infecciosas (digamos tuberculosis, tifoidea, sarampión y escarlatina), las intervenciones médicas se aplicaron muchas décadas después de que se estabilizara un marcado descenso en su mortalidad relacionada. Hay otros estudios anteriores al de los McKinley (y otros artículos les siguieron) que demuestran que las intervenciones médicas tuvieron un impacto mínimo en el descenso de la mortalidad (si ponemos el foco en Europa). Aunque en 1977 la aseveración de que las intervenciones médicas tenían muy poco impacto en el descenso de las tasas de mortalidad se consideró “herejía moderna”, los datos previos y posteriores a los de los McKinleys prueban el punto de modo tan convincente que para 2003 la tesis del impacto mínimo ya se consideraba “sabiduría convencional”.<sup>39</sup> Esto no significa que fuera aceptada con entusiasmo o que se divulgara fuera de pequeños círculos, pero sí que tenía anclajes estadísticos firmes. En general, los estudios sugieren que los descensos en la mortalidad deberían atribuirse, más certeramente, a las mejoras en la nutrición y a una mejor higiene que redujo la exposición a los agentes causantes.

Hace casi treinta años, los McKinlays entendieron las profundas implicaciones de aceptar o rechazar la tesis de que era mínima la contribución médica a los descensos en las tasas de mortalidad :

*Si uno suscribe el punto de vista de que lenta pero seguramente estamos eliminando una enfermedad tras otra debido a las intervenciones de la medicina, entonces hay muy poco compromiso con el cambio social e incluso resistencia a que se reordenen algunas de las prioridades de los gastos médicos... Si puede mostrarse de manera convincente, y con base en un terreno común aceptado, que la mayor parte de los descensos en mortalidad no guarda relación con las actividades de la atención médica, entonces podrá impulsarse algún compromiso con los cambios sociales y con reordenar prioridades.<sup>40</sup>*

No es sorpresa que el impacto de la medicina sea un asunto contencioso. Dentro de los círculos académicos conectados con la industria comienzan a salir a la superficie quienes desafían la tesis del mínimo impacto.

A finales de 2003, el doctor Frank Lichtenberg, un economista de Columbia Business School, en Nueva York, impartió una conferencia en el centro de progreso médico del Manhattan Institute. El instituto “convierte el intelecto en influencia” y la misión del centro es “articular la importancia del progreso médico, la conexión entre las instituciones de libre comercio y la posibilidad de que el progreso médico esté disponible en todo el mundo”.<sup>41</sup> Lichtenberg informó de un estudio donde comparó los lanzamientos de nuevos medicamentos y los datos de niveles de enfermedad en 52 países entre 1982 y 2001 y halló que “los nuevos fármacos aumentan la longevidad de la persona promedio [que sufrían de las afecciones para

las que fue diseñado el nuevo medicamento] en el orden de tres semanas por año”.<sup>42</sup> Sus hallazgos le hicieron concluir que el aumento en longevidad que él atribuyó a los nuevos medicamentos bien valía la inversión que hiciera la sociedad. En fechas más recientes (marzo de 2006), Lichtenberg reunió datos sobre el efecto de introducir nuevos procedimientos de laboratorio y otras innovaciones médicas en Estados Unidos, entre 1990 y 2003. Concluyó que “las condiciones que implican mayores innovaciones de laboratorio y en los medicamentos para los pacientes externos produjeron grandes aumentos en la edad al morir”, lo que apoyaba su hipótesis de que “a mayor innovación médica relacionada con una condición médica, mayor el mejoramiento de la salud promedio de las personas que sufren dicha condición”.<sup>43</sup> (Esto asume, por supuesto, que la persona promedio tiene acceso a la innovación.)

¿Tendremos que concluir de los estudios previos y del trabajo reciente de Lichtenberg que las intervenciones médicas comenzaron a tener un impacto sobre el mejoramiento de la salud, únicamente en las dos últimas décadas del siglo veinte? Si es así, ¿cómo explicamos el cambio repentino? Siendo mucho más que un ejercicio académico, determinar con precisión lo que obtenemos al invertir en nuevas intervenciones médicas debería tener un impacto importante en las políticas públicas pues nos ayudaría a establecer las prioridades en el gasto, incluidas las prioridades de la investigación y el desarrollo tecnológico. Los institutos nacionales de salud estadounidenses, por ejemplo, deben decidir cómo dividir de la mejor manera más de 28 mil millones de dólares anuales de impuestos. Pero cómo asegurarnos que los planificadores tengan acceso a datos y a análisis lo más desinteresados posibles. Por ejemplo, Lichtenberg tiene entre sus fuentes de financiamiento a gigantes farmacéuticos como Pfizer y Merck y ha sido consultor del National Pharmaceutical Council.<sup>44</sup>

¿Puede estar sirviendo, ingenuamente, a los intereses de la industria médica? Los planificadores, y la sociedad en general, debe hallar maneras de lograr un entendimiento pleno de los impactos históricos de las tecnologías médicas –y de los impactos potenciales de las tecnologías que están en desarrollo.

## El lado delicado de la novedad y la movilidad de lo nanoscópico

Las propiedades *extraordinarias* de los materiales nanoescalares han hecho abrigar la esperanza de contar con tratamientos médicos eficaces y con mejores diagnósticos, incluida una imagenología más precisa. Debido a su tamaño diminuto, los materiales nanoscópicos podrían tener un fácil acceso a áreas del cuerpo que están fuera del alcance de las terapias actuales. Los efectos cuánticos que muestran algunos nanomateriales — propiedades ópticas, eléctricas o estructurales poco comunes, que únicamente se muestran en la escala nanométrica— pueden aumentar la funcionalidad de los materiales a disposición. Lo irónico es que las cualidades que hacen tan atractivos los materiales nanoscópicos para los investigadores y para la industria, en un rango muy amplio de campos — su pequeñez, su movilidad y sus propiedades poco comunes—, podrían resultar las mismas cualidades que pudieran ser dañinas a la salud humana.

Virtualmente todos los científicos concuerdan en que la toxicología de los materiales diseñados nanológicamente es en gran medida desconocida, y en que los datos de toxicidad no pueden extrapolarse de los estudios toxicológicos existentes que se hicieran en partículas de escalas mayores.<sup>45</sup> En otras palabras, es muy probable que la toxicidad de una sustancia formada por partículas de una micra de diámetro difiera de la toxicidad de las partículas (de la misma sustancia) que tengan únicamente 10 nm de diámetro (una micra es equivalente a mil nm). Esto es así porque mientras más pequeña sea una partícula, mayor es el porcentaje de sus átomos que se hallan en la superficie. Una gran área superficial corresponde a un alto nivel de reactividad —y, en general, mientras más reactiva sea una sustancia, más tóxica es. Sin embargo, lo que es generalmente cierto puede no mantenerse en la escala nanométrica. El comportamiento de los materiales en este rango (entre ~1-100 nm) es impredecible, y los científicos sugieren a últimas fechas que la forma y la estructura superficial de un material nanoscópico son también factores importantes para determinar su reactividad y toxicidad, haciendo del campo de la toxicología nanoscópica algo aún más crucial.<sup>46</sup> Esta brecha en el conocimiento requiere atención urgente porque hay cientos de productos que contienen nano-materiales y que están ya en el mercado,<sup>47</sup> y no hay dependencia federal en el mundo que regule los materiales nanoscópicos en sí mismos.

El aumento en la disponibilidad biológica asociada a los materiales nanoescalares, significa que las dosis de medicamentos formulados nanológicamente deberían supervisarse con más cuidado, dado que “empacan más energía” que sus contrapartes de escala mayor —una sobredosis podría crear serios problemas.

*Lo irónico es que las cualidades que hacen tan atractivos los materiales nanoscópicos para los investigadores y para la industria, en un rango muy amplio de campos —su pequeñez, su movilidad y sus propiedades poco comunes—, podrían resultar las mismas cualidades que pudieran ser dañinas a la salud humana.*

*Esta brecha en el conocimiento requiere atención urgente porque hay cientos de productos que contienen nano-materiales y que están ya en el mercado, y no hay dependencia federal en el mundo que regule los materiales nanoscópicos en sí mismos.*

En el mismo sentido, su mayor movilidad podría ser una desventaja. El acceso al cerebro es especialmente útil cuando se tratan cánceres cerebrales pero, por otro lado, no deberíamos permitirle rienda suelta en nuestro cuerpo a todas las partículas diseñadas nanológicamente a las que estaremos expuestos —a través del ambiente o mediante los productos nanoscópicos comerciales. Un estudio reciente sugiere que el aumento en la reactividad mostrado por las nano-partículas de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), que se utilizan con frecuencia como ingrediente en filtros solares, puede causar daño a las *microglias* del cerebro —células cuyo propósito es proteger el sistema nervioso central.<sup>48</sup> Pese al hecho de que los filtros solares y los cosméticos comerciales contienen partículas diseñadas nanológicamente, incluido el TiO<sub>2</sub> no hay un consenso científico acerca de cuánto pueden penetrar la piel las nano-partículas. Incluso los materiales nanoscópicos diseñados para entrar en nuestros cuerpos como medicamentos dirigidos o agentes imagenológicos pueden crear problemas si se pierden de su objetivo y se aposentan en nuestras células, cerebros u otros órganos.

Al asesorar innovaciones nanotecnológicas para el sector salud, Frost & Sullivan, una firma internacional de investigación de mercados, advierte, “las nano-partículas y los nano-materiales utilizados en aplicaciones relacionadas con el descubrimiento de medicamentos pueden tornarse fuente de preocupación si se degradan muy pronto o si permanecen en el cuerpo por periodos prolongados. La capacidad de los materiales nanoscópicos para interactuar con los organismos biológicos conlleva la posibilidad de que sean dañinos para los humanos o el ambiente... El entendimiento actual de la potencial toxicidad de las nano-partículas es limitado, pero la investigación indica que algunos de estos productos pueden entrar en el cuerpo humano y volverse tóxicos a nivel celular, en varios fluidos, tejidos y/u órganos corporales”.<sup>49</sup>



“No estoy seguro de si las nano-partículas son muy grandes o si no hay nada del otro lado”.

*Es en el ámbito de las tecnologías para el mejoramiento del desempeño humano (apodadas HYPE por sus siglas en inglés) que la convergencia tendrá tal vez mayor impacto y mayores ganancias.*

*La nanotecnología puede ir más allá de las limitaciones de la biología.  
Ray Kurzweil en  
Scientific American*

Las nano-partículas pueden cruzar la barrera del cerebro y de la sangre

### **¿Partículas sin fronteras?**

¿Pueden llegar al sistema nervioso central las nanopartículas que inhalamos? ¿Pueden penetrar a través de las capas de la piel las nanopartículas de los filtros solares y los cosméticos? ¿Cruzar la barrera del cerebro? Qué tan pequeñas deben ser para entrar a las células? No está claro cuánto pueden translocarse (moverse de un lado a otro) las partículas nanoscópicas en el cuerpo. Parece que el tamaño, la composición y la forma de una partícula juegan un papel en lo anterior. Un estudio reciente mostró que las partículas esféricas — algunas con diámetro de 14 nm y otras con 74 nm de diámetro — penetraron células más fácilmente que las partículas nanoscópicas en forma de barra que medían 14 x 74 nm.<sup>50</sup> Las partículas esféricas de 50 nm, sin embargo, son doblemente propensas a entrar que las partículas esféricas un poco mayores o un poco menores.<sup>51</sup> Un estudio efectuado en ratas muestra que nanopartículas inhaladas menores de 40 nm pueden llegar al cerebro (específicamente al bulbo olfativo) vía el nervio olfativo.<sup>52</sup> Este hallazgo es potencialmente significativo para el desarrollo de métodos de suministro de medicamentos y para la nanotoxicología porque sugiere que las partículas nanoscópicas pueden ser capaces de burlar la muy cerrada barrera de sangre del cerebro.

### **De la terapia al mejoramiento: el homo sapiens refinado**

#### **¿Podrán usarse las tecnologías nanoescalares para combatir la salud?**

Mientras los gobiernos, la industria y los científicos — particularmente en los países pertenecientes a la OCDE — están prestos a resaltar las potenciales contribuciones de la nanotecnología en la remediación de la salud menguada, también están listos para señalar que los avances en las “tecnologías convergentes” — nanotecnología, biotecnología, tecnología de la información, neurotecnología y ciencias cognitivas — habrán de dar respuesta a la salud *percibida* como menos que óptima. Es en el ámbito de las tecnologías para el mejoramiento del desempeño humano (apodadas HYPE por sus siglas en inglés) que la convergencia tendrá tal vez mayor impacto y mayores ganancias.

La convergencia tecnológica hará posible, teóricamente, refinar la estructura, el funcionamiento y las capacidades de los cerebros y los cuerpos humanos. No se trata, en esta visión, de simplemente eliminar las discapacidades o curar las enfermedades, sino de producir cuerpos más fuertes, más veloces, que rebasen el desempeño de los cuerpos más sanos y atléticos de hoy, remodelando los cerebros para que retengan más información y se comuniquen directamente con las computadoras, miembros artificiales u otros cerebros.

*Toda nueva tecnología ha producido un nuevo grupo de gente marginada y nuevas desigualdades. Ante la realidad de las políticas públicas actuales, no hay razones para suponer que esta vez será diferente si el cuerpo humano se torna la frontera más nueva de lo mercantilizable. En la medida en que la tecnología de mejoramiento del desempeño humano sea una tecnología que capacite a unos cuantos, será una tecnología que discapacite a muchos... si proseguimos como vamos, veremos aparecer una nueva clase de descastados: los no actualizados.<sup>53</sup>*  
-Doctor Gregor Wolbring, Universidad de Calgary

*Al igual que con la brecha digital, la brecha en las capacidades marcará más los límites entre el Norte y el Sur, entre ricos y pobres por doquier.*



Un ejemplo es el implante artificial de neuronas, ya aprobado por la FDA para usos clínicos, que reemplaza las neuronas dañadas por el mal de Parkinson. El dispositivo permite descargar programas actualizados, directamente de un ordenador *ex vivo* al implante en el cuerpo.<sup>54</sup> Por ahora, estos dispositivos se reservan para quienes sufren una enfermedad; en el futuro cercano será más difícil distinguir entre lo que constituye una enfermedad y lo que meramente es una salud menor a la óptima, o distinguir entre terapia y refinamiento o mejora.

Para un gran final, el nuevo y refinado cuerpo creado mediante tecnologías convergentes puede extender su rango de vida humana mucho más allá de un siglo. Según el gobierno estadounidense, las tecnologías que convergen en la escala nanométrica “mejorarán el desempeño humano” en los sitios de trabajo, en los campos de juego, en los salones de clase y en los campos de batalla. Inteligencia descargable, memoria descargable y cuerpos de hiperdesempeño que requerirán una definición revisada de nuestra especie, *Homo sapiens*. O tal vez las nuevas realidades tecnológicas nos crearán la necesidad de una nueva clasificación de una vez por todas (*Homo sapiens 2.0*), que describirá esa pequeña fracción de la población mundial que podrá pagar por su refinamiento mediante la convergencia tecnológica.

Aunque relativamente pocas personas podrán darse el lujo de pagar un paquete de mejoras plenas, algunos realces —que serán posibles con las tecnologías convergentes— penetrarán más y más en la sociedad y se “naturalizarán” hasta que la gente los considere correcciones necesarias, del mismo modo en que hoy consideramos los anteojos de aumento. Al mismo tiempo, habrá una puja corporativa para definir y ampliar el rango de las “condiciones de salud” tratables —será frecuente que se disfracen de campañas por “elevar la conciencia del público” —, con el fin de crear o expandir mercados para los nuevos refinamientos disponibles.

La práctica de promover enfermedades para crear mercados que las traten se conoce como **tráfico de enfermedades**.<sup>55</sup> Ciertos rasgos de personalidad (digamos la timidez), rasgos físicos (como la fuerza o la altura “promedio”), rasgos cognitivos (una inteligencia “normal”) se considerarán indeseables y corregibles (y gradualmente inaceptables). La línea entre mejoramiento y terapia —que ya es borrosa— se perderá por completo. El efecto final será un viraje en la percepción de lo que es “normal” y la creación de lo que el doctor Gregor Wolbring, bioquímico e investigador en aspectos de salud en la Universidad de Calgary, llama una “brecha de capacidades”.<sup>56</sup> Del mismo modo que la brecha digital, la brecha de capacidades marcará distancias en los límites entre el Norte y el Sur, entre los ricos y los pobres, en todas partes.

*Por desgracia, la hormona del crecimiento no será el único caso en que una tecnología de mejoramiento del desempeño, al administrarse en ausencia de enfermedad, invente una población “afectada” que antes se consideraba sana.*

En las condiciones actuales, es muy probable que la introducción de tecnologías de mejoramiento o refinamiento del desempeño humano (apodadas HYPE, por las siglas en inglés de Human Performance Enhancement y la sugerencia de algo que aumenta a lo “hiper”, cuya equivalencia en inglés es “hyper”) muy penetrantes socialmente, tengan por resultado el producir un nuevo grupo de gente marginada por la “brecha” resultante.

Algunos mantienen que es posible trazar una línea entre terapia y mejoramiento y que esa línea *debe* trazarse porque la distinción ayudará a emprender un debate ético acerca de lo que significa ser humano y cómo preservar nuestra *humanidad*.<sup>57</sup> Otros arguyen que, dada la configuración actual de la sociedad, no puede mantenerse una línea que divida la terapia del mejoramiento y que debe iniciarse un debate que reconozca los factores sociales (valores y prejuicios, por ejemplo) que en la actualidad contribuyen al entendimiento de lo que entraña ser humanos. De ahí, el debate, dicen, debe enfocarse en cómo, si acaso, proteger a aquéllos que actualmente no cumplen con los criterios de lo “humano” –y a aquéllos que no cumplirán con un criterio revisado según nuestro futuro refinado tecnológicamente.<sup>58</sup> Otros más – los llamados **transhumanistas**, por ejemplo– creen que la especie humana se encuentra en una etapa temprana de desarrollo –y se hallan a gusto con una definición maleable de *Homo sapiens* y están ansiosos por utilizar las tecnologías disponibles que les brinden humanos “mejores”.<sup>59</sup> Se imaginan un mundo no muy distante donde se descubra una “cura” para la “condición médica” conocida como “envejecimiento” –tal vez mediante el impulso de SENS (Strategies for Engineered Negligible Senescence), una serie de “estrategias para una senectud insignificante” – con la cual los humanos podrían vivir con buena salud mucho más de cien años.<sup>60</sup> Aunque algunos transhumanistas reconocen que la introducción de ubicuas tecnologías de mejoramiento podría ensanchar la brecha entre ricos y pobres, no ven en esto una razón poderosa para limitar su utilización. Consideran las disparidades al interior de la sociedad como un problema de antaño, y que yace aparte, que no fue creado (ni será resuelto) por las tecnologías de refinamiento o mejoramiento.<sup>61</sup>

### **Un ensayo en el molino del refinamiento: ¿podemos despegar?**

La mayoría de las mejoras sería provechosa para una sociedad urgida de curas o tratamientos que beneficiaran a la población identificada como enferma o “discapacitada”. Algunas cuantas de estas mejoras se desarrollan para poblaciones particulares “sanas”, que tienen requerimientos especializados, tales como los soldados en combate. Aunque se pretende que las mejoras sean, ostensiblemente, de consumo limitado, la tendencia común es que su uso se incremente dramáticamente tras su introducción, y muy pronto vaya más allá de la población con que se justificó, en primera instancia, el desarrollo de éstas. Cuando esto ocurre, hay consecuencias realmente existentes que la sociedad no había anticipado a plenitud.

Por ejemplo, la hormona del crecimiento humano, genéticamente diseñada, obtuvo la aprobación de la FDA en 1985, con el fin de tratar el “enanismo” –una condición caracterizada por una estatura anormalmente corta ocasionada con frecuencia por una

mutación genética espontánea.<sup>62</sup> Hoy, la hormona del crecimiento humano es prescrita (y la FDA lo aprobó) a niños saludables cuyos padres juzgan que son muy pequeños. Sus hijos, alegan los expertos, sufren de “corta estatura idiopática”, lo que significa que no presentan signos de enfermedad; simplemente son inaceptablemente cortos de estatura. La hormona del crecimiento la usan ahora ampliamente los atletas que buscan un refinamiento de su desempeño. La hormona del crecimiento se promueve con fuerza arguyendo que tiene propiedades que combaten el envejecimiento.<sup>63</sup> El “tratamiento” no es barato —la hormona del crecimiento puede costar 20 mil dólares al año y se prescribe, con frecuencia, por cuatro o cinco años.<sup>64</sup> Se calcula que el mercado global alcanzará 2 mil millones de dólares anuales.<sup>65</sup>

Es problemático expandir el uso de la hormona del crecimiento entre poblaciones saludables. Según explica el doctor Michael Freemark en el *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, “El término «corta estatura idiopática» conlleva la implicación de enfermedad [aunque] el problema principal de la corta estatura sea la susceptibilidad a la discriminación. Pero la discriminación es una «enfermedad» de la sociedad, no del individuo pequeño. En teoría, la intolerancia social debe encararse mediante la promulgación y la puesta en efecto de leyes contra la discriminación, a través de reeducar al público y mediante la consultoría con la familia —no mediante la medicación del niño”.<sup>66</sup>

Freemark va más allá y demuestra que la introducción de una mejora puede alterar la percepción social de lo que es anormal y/o aceptable. Y afirma: “En ausencia de una enfermedad, no hay razón para definir un umbral de tratamiento. Por ejemplo, ¿cómo justificar el tratamiento de un niño cuyo horizonte de crecimiento sea de 1.60 metros, y no el de otro niño cuya altura máxima será de 1.61? Lo más grave es que el uso de la HC [hormona del crecimiento] en niños muy bajitos puede crear un ciclo interminable de rezagos nuevos; los aumentos en las alturas finales de niños muy cortos de estatura implicarán la reclasificación de muchos niños previamente normales (bajos de estatura pero con horizontes de altura que exceden los umbrales actuales), los cuales serán etiquetados como «idiopáticamente bajos». **Ésta puede ser una circunstancia en que el tratamiento de un grupo de niños cree un estado de «enfermedad» en un grupo previamente «sano»**”. [Énfasis añadido.]

Por desgracia, la hormona del crecimiento no será el único caso en que una tecnología de mejoras en el desempeño, al administrarse en ausencia de enfermedad, cree una población “afectada” que antes se consideraba sana. Pensemos en los siguientes ejemplos:

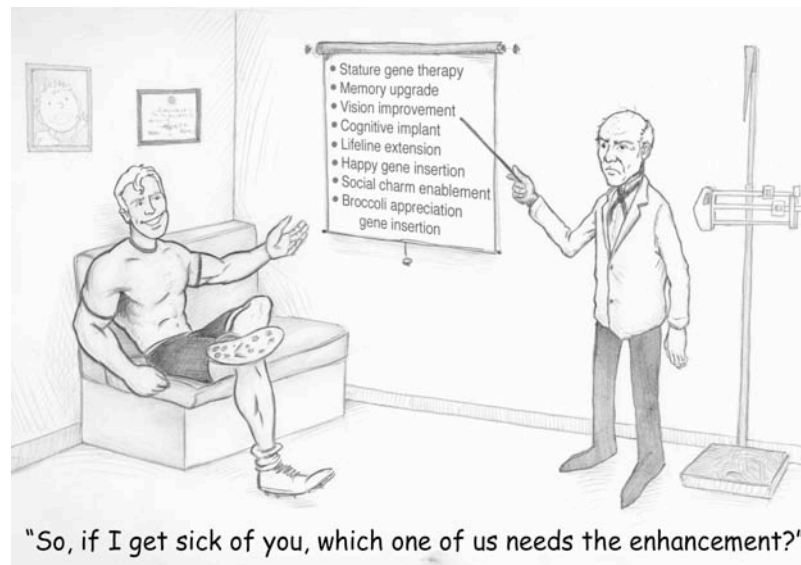
**\* Estimulación magnética transcraneana (TMS por sus siglas en inglés):** Éste es un procedimiento que estimula áreas del cerebro desde el exterior, mediante el uso de un campo electromagnético. La TMS puede ayudar a revelar las funciones de partes activas (o desactivadas) del cerebro, pero se considera como un potencial tratamiento para desórdenes cerebrales, incluido el Mal de Parkinson o la depresión.

El uso de campos magnéticos para estimular (o apagar) diferentes partes del cerebro ha llevado a los investigadores a descubrir que las personas “normales” pueden

incrementar dramáticamente su potencia cerebral. Un estudio reciente conducido por el profesor Allan Snyder en el Centre for the Mind — una empresa conjunta entre la Universidad Nacional Australiana y la Universidad de Sydney — mostró que la estimulación magnética transcraneana del lóbulo temporal izquierdo mejoró la capacidad de los participantes de adivinar el número de elementos que se les mostraban en una pantalla de computadora. La habilidad amainó una hora después de la estimulación.<sup>67</sup> ¿Faltará mucho para que los obreros consuman estimulación cerebral en vez de café en sus recesos? ¿Será la estimulación cerebral algo considerado necesario para mantener un margen competitivo en el empleo? ¿Cuánta expansión del cerebro será suficiente?

"Y si me canso de usted, ¿cuál de nosotros requiere el mejoramiento?"

- \*Terapia genética de estatura
- \*Actualización de memoria
- \*Mejoramiento visual
- \*Implante cognitivo
- \*Extensión del horizonte de vida
- \*Inserción del gen de la felicidad
- \*Capacitación para encanto en sociedad
- \*Implante de gen para la apreciación del brócoli



#### \* Tratamientos de privación del sueño:

Éstos no están pensados para ayudar a quienes sufren de insomnio y otros desórdenes del sueño. De hecho, están pensados para hacer sostenible la privación de éste. Los militares estadounidenses están a la vanguardia de la investigación en privación del sueño y ya financiaron docenas de proyectos, incluidos algunos estudios sobre el uso potencial de TMS para reducir la necesidad de dormir.<sup>68</sup>

DARPA [siglas en inglés del Defense Advanced Research Projects Agency], la agencia del gobierno estadounidense dedicada a proyectos de investigación avanzada en asuntos de defensa, explica su particular interés en hacer posible la privación del sueño: El éxito de las operaciones militares "depende de la habilidad del combatiente para funcionar por periodos largos de tiempo sin un sueño adecuado".<sup>69</sup>

Junto con la TMS, ¿se convertirá la privación del sueño en estilo de vida para quienes buscan una ventaja competitiva y puedan pagar el tratamiento o los medicamentos? Y los trabajadores, por ejemplo los conductores de autobuses, ¿serán obligados a someterse a una “terapia” de privación de sueño para poder mantenerse alerta por más horas?

¿Cuáles serán los efectos sociales (y de salud) de un ejército de “muertos vivientes” o de una sociedad privada de sueño perennemente?

\* **Cirugía láser para ojos:** En algunos casos, es ahora posible restaurar al perfecto 20-20 una visión deficiente, mediante cirugías correctivas. Millones de cirugías se ejecutan todos los años (para 2005 se calcularon 1.6 millones tan sólo en Estados Unidos).<sup>70</sup> Y el número de cirugías crece, y se espera que el incremento continúe. Dado que la mayoría de las personas no considera que los anteojos graduados sean una “mejora” opcional, ¿deberemos considerar los impactos sociales potenciales de una visión perfecta generalizada (o de una visión más allá de lo perfecto)?

El *New York Times* apuntó recientemente que, en los últimos cinco años, la academia naval estadounidense ha ofrecido cirugía ocular correctiva, libre de gastos, para todos los guardiamarinos (cuya vista se pueda beneficiar de ello).<sup>71</sup> Menos de 30 por ciento de la clase 2006 se negó a someterse a cirugía (el número de negaciones disminuye cada año). Una consecuencia no contemplada es que la academia naval no ha podido cumplir con su cuota de oficiales de submarinos en ninguno de estos cinco años.

Tradicionalmente, los submarinos son la segunda opción para aquellos promisorios elementos que no tienen visión perfecta. La aviación — primera opción para los oficiales navales, y que requiere visión perfecta —, es ahora la opción más viable para la mayoría. Conforme estas y otras mejoras extremas se popularizan más entre la población en general, ¿qué virajes sociales podemos esperar? ¿Cómo vamos a lidiar con esos impactos que no habíamos anticipado?

**Tabla 2: Selección de tecnologías con aplicaciones y potencial para el mejoramiento del desempeño humano (HYPE)**

Esta tabla presenta una selección de tecnologías que están disponibles actualmente o se hallan en proceso de desarrollo. Se anotan en la tabla aquellos casos en los cuales se usa explícitamente nanotecnología. Algunas tecnologías fueron o están siendo desarrolladas pensando en el problema del mejoramiento; en otros casos, el potencial para servir en el refinamiento fue explotado/será explotado, después de desarrollarse. La lista no es abarcativa y se han omitido categorías completas de mejoras (cirugía cosmética, ingeniería de tejidos, por ejemplo).

Producto	Compañía	¿En el mercado?	Uso inicial	Otros usos
<b>Medicamentos orales/tópicos, incluidos los que mejoran la cognición</b>				
Agentes bloqueadores beta-adrenérgicos (beta-bloqueadores)	Varias compañías	Sí	Fallas por congestión cardíaca	Reductores de la ansiedad, tomados por músicos de orquesta antes de sus presentaciones
Aurorix (ingrediente activo: moclobemide <sup>72</sup> )	F Hoffman-La Roche	Sí	Antidepresivo	Fobias sociales
Inhibidores selectivos de la reabsorción de serotonina (SSRI, por sus siglas en inglés): Celexa, Desryl, Effexor, Luvox, Paxil, Prozac, Serzone, Zolof, etcétera)	Varias compañías	Sí	Antidepresivo	Desórdenes de la ansiedad (ansiedad generalizada, pánico, fobias sociales —timidez—, desórdenes obsesivo-compulsivos, stress post-traumático
Rogaine (ingrediente activo: minoxidil)	Pfizer	Sí	Control de la presión sanguínea alta <sup>73</sup>	Promueve el crecimiento del cabello
Viagra (ingrediente activo: sildenafil)	Pfizer	Sí	Tratamiento de la disfunción eréctil, impotencia	Mejoramiento del desempeño sexual
HT-0712 (inhibidor de la phosphodiesterasa-4)	Helicon Therapeutics Inc. (EU), Inflazyme Pharmaceuticals (Canadá)	Fase 2 de pruebas clínicas	Tratamiento de la enfermedad de Alzheimer, desequilibrio de la memoria asociado a la edad	Se espera usar en varios contextos que requieran una conciencia mental de alerta
Alertec (Canadá), Provigil (EU): (ingrediente activo: modafinil)	Cephalon	Sí	Tratamiento de la narcolepsia	Tratamiento de la apnea/o el síndrome de hipopnea (OSAHS, por sus siglas en inglés), “desórdenes de sueño en el turno laboral” (SWSD, por sus siglas en inglés), depresión, esclerosis múltiple, Alzheimer; permitir que los soldados se mantengan sin dormir.
Aricept (ingrediente activo: donepezil/HCl)	Pfizer, Eisai Co, Ltd.	Sí	Tratamiento del Alzheimer	Experimentalmente lo usan los pilotos de avión para mejorar su respuesta ante órdenes complejas en el control de tráfico aéreo <sup>74</sup>
Refinadores cognitivos varios	Varias compañías	>40 en desarrollo clínico <sup>75</sup>	Tratamiento de desequilibrios cognitivos leves (MCI por sus siglas en inglés), Alzheimer, desequilibrios de la memoria asociados con la edad.	Se espera utilizar en varios contextos en que se requiere alerta mental

Producto	Compañía	¿En el mercado?	Uso inicial	Otros usos
SPI-1005	Sound Pharmaceuticals (EU) <sup>76</sup>	Fase 1 de pruebas clínicas	Previene y trata la pérdida de la audición ocasionada por el ruido	
<b>Interfase “invasiva” cerebro-máquina</b>				
Sistema de interfase neural/puerta cerebral <sup>77</sup>	Cyberkinetics, Neurotechnology Systems Inc (EU)	Ensayos de prueba clínica	Sensor implantado en la corteza motriz acoplada a un dispositivo que mide e interpreta las señales del cerebro; permite a una persona controlar una computadora con el pensamiento con el fin de iniciar un rango de actividades	
<b>Interfase “ no-invasiva” cerebro-máquina</b>				
MAIA (por sus siglas en inglés): Mental Augmentation through Determination of Intended Action [aumento mental mediante determinación de la acción pretendida] <sup>78</sup>	IDIAP (Suiza), Katholieke Uni Leuven (Bélgica), Uni Hospital de Ginebra, Fondazione Santa Lucia-Roma, Helsinki University of Technology	En desarrollo	Utilizando las señales cerebrales de electroencefalograma (EEG), controlar una silla de ruedas en un espacio restringido, controlar un brazo robot, lidiar con situaciones de emergencia (como frenar un vehículo o retraer un brazo robot)	
Casco virtual <sup>79</sup>	University College, Londres	En desarrollo, 2011-2016	Ondas cerebrales (señales EEG), traducidas en acciones que permitan a las personas con discapacidades severas controlar sillas de ruedas, computadoras y miembros artificiales mediante el pensamiento	
Máquina de escribir mental, Interfase computadora/cerebro de Berlín (BBCI) <sup>80</sup>	Fraunhofer Institute y Charité Campus Benjamin Franklin (Berlín, Alemania)	Prototipo	Señales EEG se amplifican y transmiten a una computadora de modo que se puedan escoger letras (moviendo un cursor) mediante el pensamiento.	
Estimulación vestibular galvánica <sup>81</sup>	Nippon Telegraph & Telephone Corp. (Japón)	En desarrollo/ prototipo	Afectar el sentido de balance y equilibrio de una persona aplicando una corriente eléctrica de bajo voltaje a los oídos mediante un aditamento de cabeza. Como entretenimiento o como ayuda para quienes tienen un problema de balance.	En la guerra: un promotor (Invocon, Texas, EU) explora si es posible dispararle pulsos electromagnéticos a las personas, en los oídos, para someterlos.
Sistema de visión cortical acoplada a una computadora, conocida como Visión c3. <sup>82</sup>	Columbia University, con financiamiento del Defense Advanced Research Projects Agency [DARPA] (EU)	En desarrollo/ prototipo	Mientras que los usuarios de un casco de ondas EEG observan flujos de imágenes o grabaciones en video, una computadora dispara imágenes que provocan una señal cerebral y las clasifica según la fuerza de la señal. Después, sólo la información clasificada se renueva; se pretende usar en el monitoreo y en el acopio de información de inteligencia.	

Producto	Compañía	¿En el mercado?	Uso inicial	Otros usos
<b>Interfase cerebro-cerebro</b>				
Electrodos implantados en brazos, vinculados por señales de radio a una computadora, que conecta los sistemas nerviosos de Kevin e Irena Warwick <sup>83</sup>	University of Reading (Reino Unido)		Etapa temprana del proyecto "cerebro global" vinculado por computadora	
<b>Partes corporales biónicas</b>				
Oído biónico, incluyendo actualización del <i>software</i> . <sup>84</sup>	Varias compañías, incluidas Advanced Bionics, Cochlear Inc. (Australia), MED-EL (reino Unido, Laboratoires MXM (Francia)	Sí	Restaurar la audición de aquéllos que sufren de pérdida severa del oído	En el futuro, las partes corporales biónicas podrán usarlas quienes hoy son llamados "discapacitados" y los que se consideran "saludables" hoy para obtener capacidades por encima de la norma.
Pierna biónica	Varias compañías, incluidas Otto Bock Health Care (Alemania), Victhom Human Bionics (Canadá)	Sí	Reemplaza las piernas de aquéllos que nacieron sin piernas o pies.	
Brazo biónico <sup>85</sup>	Programa de revolucionamiento de la prótesis de DARPA (EU)	Pruebas clínicas planeadas para el 2009		Reemplaza los brazos amputados
Ojo biónico (retinas artificiales, prótesis retinales) <sup>86</sup>	Varias compañías y universidades incluidas Second Sight Medical Products (EU), VisionCare Ophthalmic Technologies (EU), IIP-Technologies GmbH (Alemania), Sumipro (Holanda); la Universidad de Texas (EU) intenta reemplazar los nervios sensores de luz con una combinación de nano-partículas y nano-tubos de carbón. <sup>87</sup>	En desarrollo. Algunos en ensayos clínicos, algunos en el mercado para 2008	Restaurar la visión	
Rodilla biónica	Ver "Rheo Knee" de Ossur (Islandia) <sup>88</sup>	Sí	Reemplaza las rodillas dañadas	
Mano biónica, "ciber-mano" <sup>89</sup>	European University Consortium	En desarrollo. Estará disponible a fines de 2007	Reemplaza las manos dañadas o faltantes	
Cirugía cerebral reconstructiva, usando nano-fibras para conectar las brechas en el cerebro ocasionadas por algún daño. <sup>90</sup>	MIT (EU), Hong Kong University, Fourth Military Medical University (China)	En desarrollo; ensayos con humanos alrededor de 2009	Restaurar capacidades perdidas en víctimas de daño cerebral y otros.	
Huesos artificiales a partir de compositos de cerámica. <sup>91</sup>	Materials Science Division, en el Lawrence Berkeley National Laboratory (EU)	En desarrollo	Mejorar las coyunturas óseas en cadera y rodilla mediante reemplazos	



Producto	Compañía	¿En el mercado?	Uso inicial	Otros usos
<b>Neuroimplantes (al sistema nervioso central)</b>				
Hipocampo artificial <sup>92</sup>	Varias universidades estadounidenses	En desarrollo de aquí a 2019	Chips de silicio que emulan la parte del cerebro responsable del recuerdo; usados inicialmente como tratamiento del Alzheimer	Podrían usarse en el futuro para cargar información al cerebro.
Neuroestimuladores implantados (estimuladores del cerebro profundo, ver también Estimulación Magnética Transcraneana) <sup>93</sup>	Saint Joseph's Hospital (EU); New York University/MIT en colaboración para utilizar nano-alambres que conecten un dispositivo estimulador al cerebro (EU); <sup>94</sup> Bristol University y el Queen Elizabeth II Hospital en Welwyn Garden City (Reino Unido), entre otros.	Sí (están en desarrollo los estimuladores de cerebro profundo mediante nano-alambre)	Dispositivo parecido a un marcapasos implantado en el pecho más alambres flexibles implantados al cerebro; los impulsos eléctricos se envían desde el "marcapasos" al cerebro con el fin de tratar el Parkinson, las migrañas y otras dolencias crónicas.	Depresión, desórdenes obsesivo compulsivos, mejorar la movilidad en víctimas de apoplejía; constreñir el ansia de los drogadictos.
Estimulación del Nervio Vago (mediante un generador parecido a un marcapasos implantado en el pecho que envía pulsos eléctricos a través del nervio vago en el cuello y al cerebro). <sup>95</sup>	Cyberonics Inc.	Sí	Control de los ataques epilépticos	Tratamiento antidepresivo (aprobado en 2001 por Canadá y Europa, y en 2005 en Estados Unidos).
Anticuerpos Anti-Nogo-A <sup>96</sup>	Novartis Pharma, entre otros	Probado clínicamente en 15 pacientes; ensayo de cien pacientes planeado para 2007. <sup>97</sup>	Inyección de anticuerpos a la espina dorsal para neutralizar el inhibidor del crecimiento conocido como Nogo-A) en situaciones de heridas, para estimular el crecimiento renovado del nervio	
<b>Otros</b>				
Bacterias genéticamente modificadas de <i>Streptococcus mutans</i> para prevenir el desgaste dental. <sup>98</sup>	Universidad de Florida (EU)	Ensayos clínicos terminados en portadores de dentadura postiza. Estará en el mercado en 3 o 5 años.	Un aerosol oral (una sola aplicación) para prevenir las caries y el desgaste dental	
Reconocimiento de lenguaje subvocal. <sup>99</sup>	NASA (EU)	En desarrollo, prototipo.	Electrodos fijos en la garganta reconocen los movimientos de los músculos asociados con la formación de palabras en ausencia de sonido; se desarrolla para los astronautas, para la comunicación subacuática y para gente que trabaja resolviendo emergencias en ambientes ruidosos.	
Implante de un chip de identificación de frecuencias de radio conocido por sus siglas en inglés como RFID. <sup>100</sup>	Verichip (EU), los implantes RFID están aprobados por la FDA	Sí	Identificación en la vigilancia, rastreo de humanos (obreros, niños, etcétera).	

Producto	Compañía	¿En el mercado?	Uso inicial	Otros usos
Implantes magnéticos en las yemas de los dedos. <sup>101</sup>	Investigación independiente promovida por los modificadores de cuerpos (conocidos como "body-modders").	Sí	Refinamiento de las sensaciones del tacto	
Lentes para anteojos que mejoran dos veces la visión 20-20. <sup>102</sup>	PixelOptics (EU)	Prototipo para febrero de 2007	El departamento de Defensa estadounidense concedió 3.5 millones de dólares a PixelOptics para desarrollar el proyecto con fines militares.	
Chip implantado en la raíz dental para que emita un ultrasonido pulsado de baja intensidad conocido como LIPUS (por sus siglas en inglés). <sup>103</sup>	Universidad de Alberta (Canadá)	Prototipo, en el mercado para mediados de 2008	Estimular el crecimiento renovado de los dientes	
Miembro híbrido de asistencia (conocido como HAL por sus siglas en inglés) <sup>104</sup> —un "exo-esqueleto movido con motor atado con tirantes a las piernas; una mochila en la espalda lleva la computadora con conexión inalámbrica de red. Las baterías se atan al cinturón.	University of Tsukuba/Cyberdyne Inc (Japón)	Prototipo, ¿en el mercado para mediados de 2007?	Permite caminar a quienes tienen problemas de marcha	Se espera usar con soldados y con trabajadores de rescate en desastres
Exo-esqueleto para extremidades inferiores de Berkeley (conocido como Bleex) <sup>105</sup>	Berkeley Robotics and Human Engineering Lab (EU)	Prototipo; en desarrollo	Aumenta la fuerza y el aguante de quienes lidian con situaciones de emergencia	El proyecto de Bleex está financiado por DARPA (EU), con fines bélicos

**Fuente: doctor Gregor Wolbring, Universidad de Calgary; Grupo ETC**

## **Tecnologías BANG: Lo nanoscópico hace posible la convergencia. ¿Conducirá esto a humanos mejores?<sup>106</sup>**

Algunos de nosotros estamos acostumbrados a tomar fotos, enviarlas a un amigo, buscar en el Google — todo en nuestros teléfonos celulares, o móviles. Pero este *ethos* “todo-en-uno” va más allá del ámbito de las comunicaciones y de las tecnologías de la información. Por lo menos hace cinco años que escuchamos que hay planes de alto nivel para readaptar la práctica de la ciencia y la tecnología mediante la convergencia tecnológica, y que ésta será posible por los avances nanotecnológicos. El fin último es intervenir en todos los fenómenos de nivel macro — incluidos los sociales, los biológicos y los ambientales — al lograr un control de los fenómenos nanoescalares.

La búsqueda de una “tecnología fundamental” que le brinde a los humanos el control de la naturaleza no es nueva. Sus raíces se remontan por lo menos a la *Nueva Atlántida*, de Francis Bacon (publicada en 1627),<sup>107</sup> en la cual describe una utopía en una isla fantástica, Bensalem, donde es posible, por ejemplo “hacer por arte... que árboles y flores se adelanten o se atrasen de sus propias estaciones, y que surjan y maduren con mayor rapidez... que den frutos más grandes y dulces, o de diferente sabor, color, olor y figura... y hacer que diversas plantas se levanten en mezclas de tierra sin semillas... y hacer que un árbol o una planta se vuelvan otros”.<sup>108</sup> Los recursos tecnológicos para aparecer la flora y fauna de Bensalem no son azarosos ni impredecibles sino controlados (“nada de esto ocurre por accidente, sino que sabemos de antemano de qué materia o mixtura, surgirá qué clase de criaturas”).<sup>109</sup> En un lenguaje que le sonará familiar a los lectores de los documentos de la Fundación Nacional de Ciencia estadounidense (NSF por sus siglas en inglés), el fin último de la utopía es “el conocimiento de las causas... y el ensanchamiento de los límites del emporio humano, para hacer posibles todas las cosas”.<sup>110</sup> Comparen, por ejemplo, la visión utópica de la convergencia tecnológica que impulsa la NSF, casi cuatro siglos después: “Avizoramos el vínculo de la humanidad impulsado por un cerebro virtual que interconecte las comunidades de la tierra en busca de la comprensión intelectual y la conquista de la naturaleza”.<sup>111</sup>

La versión actual de la utopía que nos brinda la convergencia tecnológica la respaldan con entusiasmo, y la financian con mucho dinero, los gobiernos y la industria en todo el mundo. En Estados Unidos, la convergencia tecnológica se refiere comúnmente como NBIC (siglas derivadas de las tecnologías implicadas: nanotecnología, biotecnología, informática y ciencia cognitiva).<sup>112</sup> En Europa, la visión de la convergencia se conoce como CTEKS (siglas en inglés de la “convergencia de tecnologías en aras del conocimiento de la sociedad europea”).

*La versión actual de la utopía que nos brinda la convergencia tecnológica la respaldan con entusiasmo, y la financian con mucho dinero, los gobiernos y la industria en todo el mundo.*

*La expectativa de vida humana era de tan sólo 37 años en 1800. Nuestra habilidad para reprogramar la biología incrementará esta expectativa dramáticamente, una vez más.*

*Pero la progresión será mucho más rápida. En 15 años estaremos añadiendo un año anualmente a la expectativa de vida. Mi consejo es: cuidense a sí mismos a la antigua\*, por un tiempo, y podrán tal vez experimentar a plenitud el maravilloso siglo que se avecina.*

*Ray Kurzweil,  
“Reprogramming  
Biology”,  
Scientific American, julio  
de 2006*

\* El régimen de mantenimiento de salud de Kurzweil está lejos de ser “al a antigua”. Él escribe que toma 250 suplementos al día, se aplica inyecciones terapéuticas cada semana y se toma, de rutina, muestras de su sangre, pelo y saliva para inspeccionar sus niveles corporales de nutrientes, hormonas y productos colaterales metabólicos.<sup>113</sup>

En Canadá esta convergencia es llamada síntesis bio-sistémica [BioSystemics Synthesis].<sup>114</sup> Sin compartir necesariamente el entusiasmo del gobierno, la sociedad civil arribó a su propio nombre para la convergencia tecnológica y la conoce como BANG – Bits, Átomos, Neuronas, Genes, que son las unidades operativas de las “tecnologías NBIC”.<sup>115</sup>

Una de las pretensiones teóricas de esta convergencia es que podría desarrollar un tratamiento para la enfermedad de Alzheimer. Supongamos que se descubre, después de hurgar a través de montañas de datos, que un compuesto natural que existe en cantidades muy reducidas en la Amazonía puede, en efecto, ser eficaz para curar ciertos desórdenes neurológicos. Que utilizando una tecnología de ADN recombinante, los investigadores puedan producir el compuesto en grandes cantidades. Que un dispositivo nanoescalar permita que la droga (descubierta y producida usando tecnologías de la información y biotecnología) pueda suministrarse a las neuronas dañadas en el cerebro.

Aunque no todos los productos de la convergencia requerirán todos los componentes de BANG, casi todos utilizarán una o más tecnologías habilitadas o refinadas mediante la nanotecnología. Otros ejemplos de esta convergencia son el implante de materiales nanométricos que reemplacen los huesos dañados por la artritis, manipular las neuronas para que sean capaces de controlar los movimientos de un cursor de computadora, la implantación de dispositivos de cognición que incrementen la capacidad de nuestros cerebros de almacenar y usar información.

Un informe del proyecto piloto de previsión de la ciencia y la tecnología [Science & Technology Foresight Pilot Project], patrocinado por el consejo nacional de investigación de Canadá [Canada’s National Research Council], identificó cinco características que hacen de las tecnologías BANG particularmente consecuentes en su lógica: son *convergentes* (lo que significa que pueden combinarse unas con otras pero también pueden aplicarse a través de muchos sectores industriales y disciplinas de investigación), son *fundamentales* y *replicativas* (“cada una de estas tecnologías tienen alguna capacidad de reproducirse a sí mismas”),<sup>116</sup> *distribuidas* (porque pueden usarlas los individuos) y son de *interés público* (lo que significa que todas ellas “implican muchas promesas, pero al mismo tiempo pueden ser muy disruptivas”).

Dado que el gobierno estadounidense –y subsecuentemente los gobiernos de Europa y Canadá– consideran BANG desde un punto de vista de “un desempeño humano refinado”, se tornan cruciales los debates acerca de las implicaciones éticas, sociales y económicas del refinamiento del desempeño humano y extensión de la expectativa de vida.

La Nanotecnología  
– que controla la  
materia mediante  
la manipulación  
de Átomos–,  
puede converger  
con la  
Biotecnología –  
que controla la  
vida manipulando  
Genes–, que  
puede converger  
con la Informática  
– que controla  
datos mediante la  
manipulación de  
Bits–, que puede  
converger con la  
Ciencia Cognitiva  
y Neurológica –  
que controla la  
mente  
manipulando las  
Neuronas.

## **¿Qué papel jugará la medicina habilitada nanológicamente en remediar la enfermedad y la pobreza en el Sur global?**

Según un boletín de prensa del centro conjunto de bioética de la Universidad de Toronto (31 de marzo de 2005), “algún día, muy pronto, en una comunidad remota del mundo en desarrollo, algún trabajador de la salud pondrá una gota de la sangre de un paciente en una pieza de plástico del tamaño aproximado de una moneda. En minutos tendrá el diagnóstico completo, incluida la batería de pruebas comunes, más el análisis de enfermedades infecciosas como la malaria o el VIH/SIDA, los desequilibrios hormonales e incluso algo como el cáncer. Esta sorprendente pieza de plástico se conoce como *laboratorio en un chip* y es uno de los revolucionarios productos y procesos que actualmente emergen de la investigación nanotecnológica con potencial para transformar la vida de miles de millones de los habitantes más vulnerables del mundo”.<sup>117</sup>

En septiembre de 2000, Naciones Unidas adoptó los *ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio* (ODM, o MDG por sus siglas en inglés) y 18 metas — un “mapa” para erradicar el hambre y la pobreza, y para garantizar la salud y la sustentabilidad ambiental, en especial la de los más pobres del mundo, hacia 2015. Naciones Unidas identifica que tres ODM y ocho (de las 18) metas se relacionan con la atención a la salud (ver Recuadro 3). La “fuerza de tarea en ciencia, tecnología e innovación” [UN Millenium Project’s Task Force on Science, Technology and Innovation], parte del Proyecto Milenio de Naciones Unidas, considera la nanotecnología como una importante herramienta para lograr los ODM.<sup>118</sup> Muchos otros —científicos, investigadores, empresarios, analistas de mercado y expertos en desarrollo rural entre ellos— concuerdan en que las tecnologías nanoescalares ofrecen el potencial de mejorar la salud a nivel global —incluido el mundo en desarrollo.<sup>119</sup> Los impulsores creen que la nanotecnología podría jugar un papel importante en remediar la salud del Sur global, no sólo en directo al tratar a los enfermos con novedosas vacunas y terapias provenientes del ámbito nanoscópico, sino de modo indirecto, aligerando las condiciones que conducen a enfermedades, como el agua potable poco segura. La investigación actual en filtros de origen nanoscópico y en nanopartículas que retiran los contaminantes del agua son ejemplos citados con frecuencia para invocar las potenciales contribuciones de la nanotecnología a la salud del mundo en desarrollo. El Grupo ETC reconoce que la investigación y el desarrollo nanotecnológico relacionados con el agua son potencialmente significativos para el mundo en desarrollo. El acceso a agua limpia podría ser una contribución mucho mayor a la salud global que cualquier intervención médica particular.

*Las actuales políticas gubernamentales y las estrategias de las compañías —incluidos sus mecanismos de financiamiento e incentivos— en los países desarrollados y en desarrollo por igual, no han generado la suficiente innovación biomédica como para que ésta sea relevante para la mayoría de los países en desarrollo. Los nuevos tratamientos, e incluso los ya existentes, siguen estando fuera del alcance de quienes los necesitan.*

Comisión de Derechos de Propiedad Intelectual, Innovación y Salud Pública de la Organización Mundial de la salud (OMS), abril de 2006

*Médicos sin Fronteras apunta que las compañías farmacéuticas ponen más atención en obtener patentes en los países en desarrollo que en suministrar los medicamentos esenciales.*

La investigación nanotecnológica relacionada con el agua y su contexto político y económico requieren más estudios, y el Grupo ETC examinará (en un informe aparte) la investigación y el desarrollo en nanotecnología relacionada con el agua. En este informe, sin embargo, confinamos nuestro análisis a la medicina nanológica – drogas y dispositivos para la detección, diagnóstico y tratamiento de enfermedades a nivel molecular.

El Grupo ETC considera que la crisis mundial de la salud no surge de una falta de innovación científica o de tecnología médica: la raíz del problema es la pobreza y la inequidad. Las nuevas tecnologías médicas son irrelevantes para la gente pobre si no son accesibles o costeables. La innovación científica carece de sentido si la gente marginada no tiene acceso a los tratamientos o a las tecnologías ya existentes.

Médicos sin Fronteras apunta que las compañías farmacéuticas ponen más atención en obtener patentes en los países en desarrollo que en suministrar los medicamentos esenciales.<sup>120</sup> Como lo dijo la Comisión de Derechos de Propiedad Intelectual, Innovación y Salud Pública de la Organización Mundial de la Salud en un informe de abril de 2006: “Las actuales políticas gubernamentales y las estrategias de las compañías – incluidos sus mecanismos de financiamiento e incentivos – en los países desarrollados y en desarrollo por igual, no han generado la suficiente innovación biomédica como para que ésta sea relevante para la mayoría de los países en desarrollo. Los nuevos tratamientos, e incluso los ya existentes, siguen estando fuera del alcance de quienes los necesitan.<sup>121</sup> Consideren por ejemplo: \* Un tercio de la población mundial no puede acceder regularmente a los **medicamentos esenciales**. En partes de África y Asia esta cifra se eleva a más de la mitad de la población<sup>122</sup>

### **Recuadro tres: La salud en los Objetivos de Desarrollo del Milenio**

#### **Objetivo 1: Erradicar la extrema pobreza y el hambre**

(Meta 2) Entre 1990 y 2015 reducir a la mitad la proporción de gente que sufre hambre.

#### **Objetivo 4: Reducir la mortalidad infantil**

(Meta 5) Entre 1990 y 2015 reducir en dos tercios la tasa de mortalidad de los menores de cinco años.

#### **Objetivo 5: Mejorar la salud materna**

(Meta 6): Entre 1990 y 2015 reducir en tres cuartas partes la proporción de mortalidad materna.

#### **Objetivo 6: Combatir el VIH/SIDA, la malaria y otras enfermedades**

(Meta 7) Para 2015 haber puesto fin y haber comenzado a revertir la diseminación del VIH/SIDA. (Meta 8) Para 2015 haber puesto fin y haber comenzado a revertir la incidencia de malaria y otras enfermedades importantes.

#### **Objetivo 7: Garantizar la sustentabilidad ambiental**

(Meta 10) Para 2015, reducir la proporción de gente sin un acceso sustentable a agua potable y servicios de saneamiento seguros. (Meta 11) Haber logrado para 2020 un mejoramiento significativo en las vidas de por lo menos 100 millones de habitantes de los arrabales.

#### **Objetivo 8: Desarrollar una asociación global para el desarrollo**

((Meta 17) En cooperación con las compañías farmacéuticas, proporcionar acceso a medicamentos esenciales, costeables en los países en desarrollo

Adaptado de <http://www.who.int/mdg/goals/en/>

\* Hay un “desajuste fundamental” entre las necesidades humanas y la innovación científica.<sup>123</sup> La vasta mayoría de los medicamentos comerciales no es relevante para las enfermedades tropicales. Sólo uno por ciento de las medicinas que llegaron al mercado entre 1974 y 2004 fue desarrollado específicamente para combatir las enfermedades tropicales y la tuberculosis.<sup>124</sup>

\* La salud, la pobreza y el ambiente están inextricablemente vinculados. Según la OMS, los ambientes insalubres (agua potable poco segura, higiene deficiente y otros factores ambientales) ocasionan casi un tercio de todas las muertes y enfermedades en los países en desarrollo.<sup>125</sup> La diarrea infecciosa mata a 1.8 millones de personas por año – casi todas son niños. El 88 por ciento de la **carga global** de diarrea infecciosa es ocasionada por condiciones de salubridad, higiene y agua poco seguras.<sup>126</sup>

\* El Sur global da cuenta de más del 80 por ciento de la población, pero únicamente del 10 por ciento de las ventas de medicamentos. En 2005, África tenía 1.1 por ciento del mercado farmacéutico global. (América del Norte, Europa y Japón cuentan con 86 por ciento de dicho mercado.)<sup>127</sup>

Hoy, los sistemas formales de atención a la salud dependen en gran medida de la innovación médica y de tecnologías diseñadas primordialmente para responder a los mercados de salud en los países de la OCDE. La investigación y el desarrollo de la medicina en estos países se basan, primero y sobre todo, en la prosecución de las ganancias de las industrias farmacéuticas, no en las necesidades o el desarrollo de los seres humanos. Noventa por ciento de la investigación y el desarrollo en salud se dedica a condiciones que afectan tan sólo al 10 por ciento de la población. Por ejemplo, la malaria da cuenta actualmente de 3.1 por ciento de la **carga global de enfermedades**, pero únicamente del 0.3 por ciento de la inversión en la investigación relacionada con aspectos de salud y su desarrollo (268 millones de dólares). Si la investigación de la malaria se financiara con la tasa promedio de otras investigaciones recibiría más de 3 300 millones de dólares por año – más de 10 veces el financiamiento que actualmente recibe.<sup>128</sup>

Pero sería sesgado sugerir que la industria farmacéutica es un motor de innovación relacionada con la salud pública en los países de la OCDE. En décadas recientes, la industria farmacéutica ha perdido abruptamente su impulso innovador. Es frecuente que sean el gobierno y los laboratorios universitarios quienes conducen las investigaciones más innovadoras, que luego adquieren las grandes firmas farmacéuticas.<sup>129</sup> En Estados Unidos, por lo menos una tercera parte de las medicinas comercializadas por las grandes compañías de medicamentos proviene de licencias obtenidas de las universidades o de las pequeñas compañías de biotecnología.<sup>130</sup> Tras décadas de fusiones y adquisiciones, la industria del fármaco se consolida en manos de muy pocas y enormes corporaciones.

En 2004, las 98 más importantes compañías dedicadas a los medicamentos tenían ventas combinadas de 415 mil millones de dólares; las diez principales absorbían 59 por ciento del mercado global.<sup>131</sup>

En lugar de desarrollar nuevos compuestos, las compañías hacen modificaciones menores de los medicamentos existentes y sacan ventaja de las políticas de un gobierno inspirado por las industrias —que permiten a las compañías prolongar la vigencia de las patentes de medicamentos por los que obtienen muchas ganancias. Por ejemplo, de las 78 medicinas aprobadas por la agencia de administración de alimentos y medicinas estadounidense, la Food & Drug Administration (FDA) en 2002, sólo 17 contenían nuevos ingredientes activos, y únicamente siete fueron clasificados por la FDA como mejoras de las medicinas existentes.<sup>132</sup> Los otros 71 medicamentos son drogas “yo también”, es decir, remodelaciones de viejas medicinas y que no son mejores que otros productos que están ya en el mercado. (Es como si las compañías dijeran: yo también quiero lucrar con este producto.) Las compañías están buscando frenar el desarrollo de genéricos más baratos, lo cual, con frecuencia se hace pagando a los fabricantes de genéricos para que retrasen la venta del producto competitivo.<sup>133</sup>

Es típico que las compañías de fármacos intenten justificar sus elevados precios señalando los costos de su enorme aparato de investigación y desarrollo. En realidad, las farmacéuticas gastan mucho más en “mercadotecnia y administración” que en investigación, desarrollo y fabricación. La investigadora en salud Marcia Angell calcula que los gastos de comercialización de las grandes empresas de medicamentos llegaron a 54 mil millones de dólares en 2001 —30 por ciento de las entradas de la industria, que son del orden de los 179 mil millones de dólares.<sup>134</sup> Eso incluye, por ejemplo, los gastos en publicidad directa al consumidor, el costo de emplear a 88 mil representantes de venta que visiten los consultorios, más las muestras gratis y los regalos que le dan a los médicos, la publicidad en las revistas especializadas y la mercadotecnia y la promoción disfrazadas de “educativas”.

En los últimos diez años ha crecido la controversia acerca del papel que juegan las patentes monopólicas en hacer que los medicamentos sean incosteables para la gente pobre, y en crear barreras que impiden el acceso a medicinas cruciales para salvar vidas.<sup>135</sup> En 1994, la creación de la Organización Mundial de Comercio y su Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC en castellano), ampliamente conocidos como TRIPS [Trade Related Intellectual Property] mandataron que los países en desarrollo adoptaran las patentes farmacéuticas ya existentes. Por insistencia de los gobiernos del Sur, la Declaración de Doha de la OMC, emitida en 2001 en relación con el Acuerdo sobre TRIPS y Salud Pública, reafirmó el derecho de los gobiernos de utilizar mecanismos de licencia obligatorios que facilitaran el acceso a medicinas más baratas mediante la importación o la producción local, y la necesidad de exentar a los países menos desarrollados de la concesión y la puesta en efecto de las patentes farmacéuticas hasta 2016.<sup>136</sup>



Pero las salvaguardas reafirmadas en Doha no se han hecho realidad y se erosionan rápidamente conforme los gobiernos ricos emprenden acuerdos bilaterales de comercio que imponen leyes de patentes más restrictivas por encima de los requisitos planteados por la OMC, lo que mina la Declaración de Doha. El gobierno estadounidense, por ejemplo, promueve vigorosamente acuerdos de comercio bilaterales o regionales que obligan a los países pobres a reconocer un régimen conocido como “TRIPS-plus” –previsiones cuyo propósito es prolongar los monopolios de las patentes de las grandes farmacéuticas, que limitan el uso de mecanismos de licencia obligatorios y el acceso a medicamentos genéricos más baratos.<sup>137</sup>

Los analistas apuntan que las drogas habilitadas con nanotecnología propiciarán que se garanticen y prolonguen las patentes exclusivas, monopólicas, que cubren los compuestos medicamentosos ya existentes. Según un analista de la industria, “los sistemas de suministro de fármacos habilitados con nanotecnología han demostrado ser un arma contra los genéricos”<sup>138</sup> porque las nuevas reformulaciones nanoescalares pueden permitir que un compuesto existente califique como una Nueva Entidad Química. “Esto puede incrementar la rentabilidad, expandir el acopio de propiedad intelectual de una firma y desalentar a la competencia durante los años más valiosos de un medicamento”, según NanoMarkets.<sup>139</sup> En este escenario de “proseguir con los negocios como siempre”, las innovaciones médicas de la nanotecnología probablemente concentrarán más el poder de la industria farmacéutica y tendrán muy poca relevancia en su respuesta a los problemas de salud y pobreza de las comunidades marginadas.

Las compañías que desarrollan mejoras en el desempeño humano, con tecnología de punta muy costosa, pueden buscar su aceptación ofreciéndolas como “terapias” para beneficio de los pobres del mundo en desarrollo. El escenario más probable es que el mejoramiento en el desempeño humano incrementará las disparidades entre ricos y pobres, tanto en el Norte como en el Sur global.

La introducción al mercado de los medicamentos nanológicos comienza en el mismo momento en que se acelera el desplazamiento de las pruebas clínicas de ciertas drogas, que ahora se realizan en el Sur global.<sup>140</sup> Es irónico que, en última instancia, millones de pacientes en los países en desarrollo puedan acceder a los medicamentos de las grandes compañías únicamente cuando sirven de conejillos de indias de tratamientos nuevos y experimentales. Para 2010, se calcula que habrá dos millones de personas en India a quienes se apliquen pruebas clínicas –la vasta mayoría de las cuales es pobre y analfabeta.<sup>141</sup>

*Todos los años, más de 14 millones de personas mueren de enfermedades infecciosas curables. Mueren porque las medicinas son muy costosas, ya no se producen, son más ineficaces, altamente tóxicas, o son inexistentes. Médicos sin Fronteras “Neglected Diseases: Forgotten Lives”, ALERT, primavera de 2003*

*En los últimos diez años ha crecido la controversia acerca del papel que juegan las patentes monopólicas en hacer que los medicamentos sean incosteables para la gente pobre, y en crear barreras que impiden el acceso a medicinas cruciales para salvar vidas. Las salvaguardas reafirmadas en Doha no se han hecho realidad y se erosionan rápidamente conforme los gobiernos ricos emprenden acuerdos bilaterales de comercio que imponen leyes de patentes más restrictivas por encima de los requisitos planteados por la OMC.*

En 2005, el gobierno de India revocó el requisito de que cualquier medicamento debía demostrar ser seguro en pruebas conducidas en el país de origen, antes de probarse en la población de India.<sup>142</sup> *NanoBiotech News* apunta que algunas compañías de nano-biotecnología conducen las primeras etapas de sus ensayos clínicos fuera de Europa y Estados Unidos, pues fuera de su ámbito existen menos escollos regulatorios.<sup>143</sup> Si continúa la tendencia, el Sur global será el ámbito de las primeras etapas de prueba de los medicamentos y dispositivos nanológicos.

### **Medicamentos esenciales**

La Organización Mundial de la Salud define los medicamentos esenciales como aquéllos que satisfacen las necesidades prioritarias de atención a la salud poblacional.<sup>144</sup> En 1975, la Asamblea Mundial de la Salud hizo un llamado a la OMS para que ayudara a los Estados miembros a identificar y procurar medicinas esenciales que garantizaran seguridad, buena calidad y una efectividad adecuada con su costo. La primera lista de fármacos esenciales de la OMS (ahora conocida como EML en inglés, por sus siglas, y en castellano como LME), publicada en 1977, fue descrita como “una revolución pacífica en la salud pública internacional”.<sup>145</sup> El listado estableció el principio de que algunas medicinas eran más útiles que otras —y que muchos medicamentos esenciales son con frecuencia inaccesibles para la gente que los necesita. Hoy, la mayoría de los países mantiene listas nacionales de fármacos esenciales. Las listas son importantes porque guían los intentos del sector público en su procura de abasto de medicinas, y los programas que reintegran los costos de los medicamentos, las donaciones de medicinas y la producción local de fármacos.

En los últimos 29 años, las ONG, las agencias de asistencia no lucrativas y los organismos intergubernamentales han adoptado ampliamente las políticas relativas a los medicamentos esenciales. Pero desde el principio, la industria farmacéutica se opuso al concepto de las LME y lo consideró una interferencia contra las fuerzas del mercado, una amenaza a las operaciones del sector privado.

En teoría, “se pretende que las medicinas esenciales estén disponibles en el contexto de los sistemas de salud vigentes todo el tiempo, en cantidades adecuadas, en las dosis y las formas adecuadas, con una calidad garantizada y a un precio que el individuo y la comunidad puedan costear”.<sup>146</sup> Pero por supuesto la realidad es muy diferente. Existe una grave desigualdad en el acceso a los medicamentos esenciales aun y cuando este “acceso” se defina en los términos más modestos: la OMS entiende *acceso* como el porcentaje de la población que puede procurarse por lo menos 20 medicamentos esenciales, los cuales deben estar disponibles continuamente (y ser costeables) en las instalaciones de salud o en la farmacia, a menos de una *hora de caminata desde el hogar del paciente*.<sup>147</sup>

*Si uno evita que los países utilicen medicamentos genéricos, se crea un obstáculo concreto para allegarse fármacos. Entonces se promueve el genocidio, porque está uno matando a la gente. Pedro Chequer, jefe del programa nacional contra el SIDA, de Brasil*

*Existe una grave desigualdad en el acceso a las medicinas esenciales aun y cuando este “acceso” se defina en los términos más modestos*

En 1988, la OMS publicó un informe sobre la situación mundial de los fármacos (*The World Drug Situation*) donde se calculaba que entre 1 300 y 2 500 millones de personas tenían poco o nulo acceso continuo a los más esenciales fármacos. Cuando 16 años después la OMS publicó la continuación de dicho informe (*The World Medicines Situation*), la cantidad prácticamente no había cambiado, aunque representaba un porcentaje menor de la población mundial: 30 por ciento, cuando antes era 37 por ciento.<sup>148</sup> En cuatro de las seis regiones de la OMS (que suman 183 países), más países tienen muy poco o un mediano acceso a las medicinas esenciales (<50-80 por ciento) y son menos los que tienen un acceso medio o alto (81 ->95 por ciento). Por ejemplo, de los 35 países de la región de las Américas, 21 tienen de muy poco a mediano acceso, mientras que 14 tienen de mediano a muy alto.

La siguiente tabla compara el acceso de África a los medicamentos esenciales como lo indica el primer informe global de la OMS de 1988, y su seguimiento fechado en 2004. Según la OMS, 47 por ciento de la población africana no cuenta con medicinas esenciales. De 45 países, no 16 muestran ninguna mejora ni deterioro (entre mediados de los ochenta y finales de los noventa); de ellos todos, salvo uno, tienen un acceso muy bajo a los medicamentos esenciales.

"No se han entregado ni los condones ni los mosquiteros, pero necesitamos hacerle espacio a las nanomedicinas. Por suerte, muy poquito espacio.

## Un nuevo gran reto



**Tabla 3**  
**Porcentaje de población en los países africanos con acceso continuado a los medicamentos esenciales**

	<i>Situación de los fármacos en el mundo 1988 (1986-87)</i>	<i>Situación de los medicamentos en el mundo, 2004 (1999)</i>	Sin cambio, disminución o bajo acceso (<50%)
Algeria	60-90%	>95%	
Benin	<30%	50-80%	
Angola	<30%	<50%	√
Botswana	60-90%	81-95%	
Burkina Faso	30-60%	50-80%	
Burundi	30-60%	<50%	√
Camerún	<30%	50-80%	
República Centro Africana	<30%	50-80%	
Chad	<30%	<50%	√
Comoros	60-90%	81-95%	
Congo	30-60%	50-80%	
Costa de Marfil	<30%	50-80%	
República Democrática del Congo	n.a.	n.a.	
Djibouti	60-90%	50-80%	
Egipto	60-90%	81-95%	
Guinea Ecuatorial	<30%	<50%	√
Eritrea	n.a.	50-80%	
Etiopía	30-60%	50-80%	
Gabon	60-90%	<50%	√
Gambia	60-90%	81-95%	
Ghana	30-60%	<50%	√
Guinea	<30%	81-95%	
Guinea-Bissau	30-60%	<50%	√
Kenya	60-90%	<50%	√
Lesotho	60-90%	50-80%	√
Liberia	<30%	<50%	√
Libyan Arab Jamahiriya	60-90%	>95%	
Malawi	30-60%	<50%	√
Mali	<30%	50-80%	
Mauritania	<30%	50-80%	
Mauritius	60-90%	>95%	
Marruecos	30-60%	50-80%	
Mozambique	30-60%	50-80%	
Níger	30-60%	50-80%	
Nigeria	<30%	<50%	√
Rwanda	<30%	<50%	√
Senegal	<30%	50-80%	
Sierra Leone	30-60%	<50%	√
Somalia	<30%	<50%	√
Sudan	<30%	<50%	√
Togo	30-60%	50-80%	
Túnez	30-60%	50-80%	
Uganda	30-60%	50-80%	
Zambia	30-60%	50-80%	
Zimbabwe	30-60%	50-80%	

## ¿Una nanotecnología “pro-pobres”?

Dos productos que hoy se encuentran en su fase de desarrollo son invocados con frecuencia como ejemplos del potencial que tiene la nanotecnología para responder a los principales problemas de salud del mundo en desarrollo: uno es un microbio diseñado genéticamente que sintetiza la **artemisinina**, la cual es un potente fármaco para combatir la malaria; el otro es un microbicida vaginal, cuya base son moléculas nanoescalares, encaminado a proteger a las mujeres del VIH/SIDA y de otras enfermedades transmitidas sexualmente.

### Ingeniería nanoescalar para producir un medicamento contra la malaria

Diseñar microbios para producir un fármaco contra la malaria que sea poco oneroso es una de las *causas célebres* de la **biología sintética**, una convergencia de la biotecnología y la ingeniería para construir sistemas de laboratorio que ejecuten tareas específicas. La malaria aflige a 300 y hasta 500 millones de personas y mata a más de un millón anualmente: (58 por ciento de los casos de malaria ocurren entre el 20 por ciento más pobre de la población mundial – sobre todo a niños menores que viven en África.<sup>149</sup>

Con el apoyo de la Fundación Bill y Melinda Gates, Jay Keasling, profesor de ingeniería química de la Universidad de California en Berkeley, y director de su centro de biología sintética, está construyendo una fábrica química microbiana que manufacture artemisinina – un poderoso agente para combatir la malaria.

La artemisinina, un producto natural extraído de las hojas de una planta conocida como artemisa dulce, o ajenojo dulce en diversos tratados y sistemas de saber popular, o *Artemisia annua* según las clasificaciones, es un tratamiento eficaz contra todas las cepas de la malaria. Los chinos conocían este arbusto como planta medicinal desde hace más de 2 mil años. La artemisinina derivada naturalmente es muy escasa. Muchos expertos consideran que es técnicamente posible cultivar cantidades suficientes de la artemisa dulce para producir artemisinina que combata la malaria de todos los que la sufren en el mundo.<sup>150</sup> La síntesis química del fármaco es lenta y costosa.<sup>151</sup> En 2004, el laboratorio de Berkeley donde trabaja Keasling, junto con su empresa de innovación (Amyris) y el Institute for OneWorld Health (entidad no lucrativa), recibieron de la Fundación Bill y Melinda Gates una donación de 43 millones de dólares por cinco años para desarrollar una versión de la artemisinina derivada de microbios. El laboratorio de Keasling diseña ahora los caminos metabólicos de una levadura diseñada (*Saccharomyces cerevisiae*) para fabricar los productos intermedios necesarios en la elaboración de la artemisinina.<sup>152</sup>

*Diseñar microbios para producir un fármaco contra la malaria que sea poco oneroso es una de las causas célebres de la biología sintética, una convergencia de la biotecnología y la ingeniería para construir sistemas de laboratorio que ejecuten tareas específicas.*

El laboratorio ya produce ácido artemisínico –que está a un paso de distancia de la artemisinina misma. Según Keasling, el siguiente paso requerirá de sapiencia química por lo que el producto final no llegará pronto –pueden pasar diez años antes de que los microbios destilen el suficiente ácido artemisínico como para remediar la malaria a nivel global.<sup>153</sup> Si los investigadores requieren diez años más para lograr lo que se proponen, ¿cuánto podrá costar este enfoque de producción de artemisinina basado en biología sintética? Si, finalmente, los microbios de diseño pueden producir un tratamiento

contra la malaria, ¿será accesible o costeable el producto? La Universidad de California en Berkeley le ha otorgado a Amyris y a OneWorld Health una licencia libre de regalías para desarrollar su tratamiento contra la malaria. Keasling dice que Amyris producirá el fármaco al costo y la entidad no lucrativa (One World Health) ejecutará el trabajo necesario para remontar los escollos regulatorios. Amyris confía en utilizar la misma plataforma tecnológica para producir otros medicamentos mucho más lucrativos. Según el sitio electrónico de la compañía: “El equipo de científicos e ingenieros de Amyris se empeña ahora en comercializar fármacos y otros bienes de alto valor como químicos finos extraídos de los bosques y océanos del mundo y elaborar estos compuestos en sus microbios sintéticos”.<sup>154</sup>

Sin embargo, los investigadores podrían verse atrapados en una compleja telaraña de derechos de propiedad intelectual en ambos procesos y productos relacionados con la fabricación de la artemisinina — lo que podría obligarlos a negociar regalías y pago de licencias a muchos dueños de patentes. Recuerden, por ejemplo, el muy sonado caso del *arroz dorado* adicionado con vitamina A con que se intentaba remediar las deficiencias nutricionales de los pobres del Sur. Aun contando con financiamiento público, en el año 2000 los investigadores que desarrollaban el *arroz dorado* (encallejados por unas 70 patentes en conflicto) tuvieron que entregar el proyecto al gigante agroquímico multinacional AstraZeneca (hoy Syngenta). El controvertido *arroz dorado* sigue pendiente de comercializarse.

*Ya existe una tecnología simple, de bajo costo (los condones), fácil de distribuir y almacenar —pero los condones siguen siendo escasos. Por ejemplo, en 2003, las donaciones pagaron el equivalente a un condón al año para cada hombre en edad reproductiva que vive en el mundo en desarrollo.*

### **VivaGel: la miniaturización de los microbicidas**

El término *microbicidas* se refiere a un rango de compuestos que hoy se encuentran en fase de desarrollo y cuyo objetivo es reducir o evitar la transmisión del VIH y de otras enfermedades transmitidas sexualmente cuando se aplican tópicamente. En todo el mundo más de 7 mil mujeres se infectan con VIH todos los días. Algunas de las personas que hacen campaña en pos de la salud de las mujeres están promoviendo el desarrollo de los microbicidas porque podrían poner en manos de las mujeres una protección segura, costeable y accesible.<sup>155</sup>

Los microbicidas no están disponibles comercialmente pero casi veinte de ellos están a prueba en ensayos clínicos. Uno de los microbicidas vaginales que se prueba ahora en humanos, el VivaGel (de Starpharma),

se basa en moléculas nanoescalares llamadas **dendrimeros** — moléculas sintéticas, tridimensionales con partes ramificadoras. El ingrediente activo del VivaGel funciona como un “cierre adhesivo” molecular (estilo *velcro*) que imposibilita la acción del VIH y el herpes genital adhiriéndose a los receptores de la superficie del virus, lo que impide que se adjunte a las células huéspedes que intenta infectar.<sup>156</sup>

VivaGel es un microbicida tópico que tiene potencial para evitar la transmisión del VIH y otras enfermedades de transmisión sexual cuando se aplica en la vagina antes de las relaciones sexuales. En los estudios con animales, el principal ingrediente del VivaGel actuó también como un anticonceptivo eficaz.<sup>157</sup> Los analistas de mercado afirman que si VivaGel puede proteger contra las enfermedades de transmisión sexual y contra el embarazo, puede ser

*Si los microbios de diseño pueden producir con éxito un tratamiento contra la malaria, ¿será el producto accesible y/o costeable?*

un potencial competidor de los condones.<sup>158</sup> VivaGel es el primer dendrímero que pasa por el proceso de aprobación de la FDA y hoy se hacen pruebas en poblaciones de varias partes del mundo.<sup>159</sup>

En 2005, los institutos nacionales de salud pública estadounidenses le otorgaron a Starpharma (con sede en Melbourne, Australia) la cantidad de 20.3 millones de dólares para respaldar el desarrollo de VivaGel en aras de prevenir el VIH.

En abril de 2006, estos mismos institutos anunciaron que financiarán un estudio clínico para probar el uso de VivaGel en la prevención del herpes genital.

Pero, en última instancia, ¿serán seguros, costeables y accesibles estos microbicidas vaginales para quienes más los necesitan? (Las trabajadoras sexuales en Nigeria, que hoy se aplican jugo de limón en la vagina en un intento de protegerse de contraer el VIH, ¿tendrán acceso a esta protección de tecnología de punta en un futuro cercano?)<sup>160</sup>

Quienes trabajan en pos de la salud de las mujeres apuntan que ya existe una tecnología simple, de bajo costo (los condones), fácil de distribuir y almacenar —pero los condones siguen siendo escasos. Por ejemplo, en 2003, las donaciones pagaron el equivalente a un condón al año para cada hombre en edad reproductiva que vive en el mundo en desarrollo.<sup>161</sup>

#### **Recuadro 4:**

#### **¿Funciona el enfoque de “gran reto” a la salud global?**

Según *Science*, en los últimos siete años se han gastado más de 35 mil millones de dólares en combatir las enfermedades que afectan desproporcionadamente a los pobres.<sup>162</sup> Una enorme porción de ese dinero proviene de los desproporcionadamente ricos. Desde 1999, el hombre más rico del mundo, Bill Gates, ha donado —a través de la Fundación Bill y Melinda Gates— 6 mil millones de dólares, lo que en términos gruesos se equipara con el presupuesto de la OMS en el mismo periodo.<sup>163</sup> En junio de 2006, el inversionista súper-acaudalado Warren Buffet (según algunos el segundo hombre más rico del mundo) anunció planes para traspasar cerca de 31 mil millones de dólares, de sus 44 mil millones, a la Fundación Gates —una donación que eventualmente duplicará los activos de caridad.<sup>164</sup> Según *The Economist*, son la rápida creación de riqueza (existen ahora 691 mil-millonarios en el mundo cuando hace diez años había 432) y una desigual distribución de la riqueza lo que hoy explica este entusiasmo por la filantropía de hondos bolsillos.<sup>165</sup>

Los adinerados donantes se alinean con frecuencia a campañas globales, espectaculares y de gran formato que involucran gobiernos, corporaciones y fundaciones en asociaciones de los ámbitos público y privado [Public-Private Partnerships, o PPP]. Los objetivos pueden ser tan ambiciosos como amplio es el involucramiento: “Hacer de la pobreza historia” o “Poner freno a la malaria”, por ejemplo. Las PPP son vistas como una manera de cumplir lo que la P de “público” no ha logrado y para lo que la P de “privado” no tiene incentivo. Hace diez años, no había PPP alguna que se dedicara al desarrollo de “**fármacos huérfanos**” —medicinas que cuentan con poco o ningún potencial de ganancia financiera— y hoy existen más de 63 proyectos de desarrollo de fármacos dirigidos a remediar las enfermedades prevalentes en el Sur global.<sup>166</sup> Las perspectivas de ganancias procedentes de la venta de los “fármacos huérfanos” no ha cambiado, pero las fundaciones filantrópicas bien dotadas y, en menor grado, los gobiernos, han ofrecido a las compañías farmacéuticas un arreglo tan dulce que es imposible negarse: las fundaciones y los gobiernos les proporcionan efectivo y las compañías proporcionan la tecnología de desarrollo de los medicamentos, y la infraestructura para las pruebas clínicas. Según *Science*, para las grandes farmacéuticas los beneficios del modelo “cero ganancias-cero pérdidas” incluyen “una buena imagen pública y su introducción a los mercados de los países en desarrollo, además de trabar contacto con investigadores que las ayudarán en cualquier parte”.<sup>167</sup>

Según Eldis (entidad del Instituto de Estudios de Desarrollo, en Essex), se requerirán unos 600 millones de dólares en los próximos diez años para desarrollar un microbicida, replicable, que se mantenga en los anaqueles (en buenas condiciones) un tiempo razonable y sea atractivo para los usuarios.<sup>168</sup> En teoría, los microbicidas podrían darle a las mujeres mayores posibilidades de protegerse a sí mismas contra el VIH sin tener que confiar en la cooperación de sus parejas. Pero la inequidad de género es la raíz del problema, y a menos que ésta se enfrente, una nueva tecnología no podrá ofrecer una solución simple. Quienes trabajan por las mujeres consideran que el dinero se invertiría mejor si se aplicara a programas de empoderamiento de las mujeres, dirigidos a incrementar sus ingresos y capacidades para asumir control sobre sus propias vidas. Hay también numerosos aspectos de salud y seguridad que rodean el desarrollo de los microbicidas, especialmente en el Sur global donde las condiciones de vivienda, de por sí pobres, pueden complicar un uso seguro y efectivo. Con base en las tendencias históricas, existe la preocupación de que las presiones políticas para aprobar microbicidas eficaces podrían comprometer el riguroso y necesario proceso de pruebas, y que las poblaciones vulnerables de mujeres terminarían siendo conejillos de indias (por ejemplo, uno de los primeros ensayos clínicos de un microbicida [no el Starpharma] que se realizó entre trabajadoras sexuales, de hecho aumentó la incidencia de infecciones con VIH en estas mujeres).<sup>169</sup>

VivaGel es una tecnología privada y la estrategia de negocios de Starpharma, según afirman sus voceros, es “crear valor a partir de la nanotecnología de dendrímeros utilizando su patente internacional en todo el desarrollo del proceso, las licencias y las asociaciones”.<sup>170</sup> Starpharma tiene los derechos de tres patentes estadounidenses de gran amplitud en el área farmacéutica de dendrímeros. Además, Starpharma tiene 33 por ciento de acciones en Dendritic NanoTechnologies Inc. (DNT), la cual tiene más patentes sobre la tecnología de dendrímeros que cualquier otra compañía. (Dow Chemical Co. también tiene también 33 por ciento de acciones en DNT).

La Tabla 4 proporciona los detalles de siete iniciativas de salud global — todas ellas financiadas mediante asociaciones de los ámbitos público y privado. Aunque las estadísticas relacionadas con la incidencia de las enfermedades en el Sur global sólo puede ser descrita en términos muy sombríos — la expectativa promedio de vida ha caído en 38 países desde 1999, sobretudo por la diseminación del VIH,<sup>171</sup> dos millones de niños mueren cada año de enfermedades prevenibles mediante la vacunación,<sup>172</sup> un niño muere de malaria cada 30 segundos en el África subsahariana<sup>173</sup> y más de 8 millones de personas se enferman de tuberculosis infecciosa cada año<sup>174</sup> —, sería injusto descartar cualquiera de estas iniciativas como un fracaso categórico, dados los apabullantes desafíos y la etapa relativamente incipiente de los proyectos.

*Si existe una verdad universal probada a través del tiempo en la batalla global contra las enfermedades infecciosas, es ésta: es más fácil decirlo que hacerlo... Es claro que la revolución que barre todos los esfuerzos en salud global ha traído más dinero, herramientas, ideas creativas e impulso que nunca antes. Pero el objetivo — estrechar la brecha que existe entre las aspiraciones y la acción— sigue siendo un desafío inquietante.*  
Jon Cohen, “The New World of Global Health”

*Se requerirán unos 600 millones de dólares en los próximos diez años para desarrollar un microbicida, replicable, que se mantenga en los anaqueles (en buenas condiciones) un tiempo razonable y sea atractivo para los usuarios.*



**Tabla 4: Iniciativas actuales de salud global**

Iniciativa	Enfoque	Año de lanzamiento	Donantes	Fondos prometidos, comprometidos o gastados en dólares
Grand Challenges in Global Health Initiative <sup>175</sup>	Aplicar la ciencia y la tecnología a los problemas de salud del mundo en desarrollo	2003	Fundación Gates , Wellcome Trust, los institutos canadienses de investigación en salud y la fundación para los institutos de salud estadounidenses	481.6 millones
Global Fund to Fight AIDS, Tuberculosis and Malaria	Financiar tratamientos y prevención	2002	Gobiernos, Fundación Gates, Hewlett Foundation, Fundación Naciones Unidas, Novartis, Statoil y otros	8 600 millones
Global Alliance for Vaccines and Immunization (GAVI)	Financiar y desarrollar vacunas para la niñez	1999	OMS, UNICEF, Banco Mundial, ONG, Fundación Gates, gobiernos, industria de las vacunas (Wyeth, Chiron, Berna, GSK, Merck, Sanofi) y otros	3 mil millones
Varias PPP (asociaciones de los ámbitos público y privado) para desarrollar medicamentos, vacunas, diagnóstico, microbicidas, tratamiento.	Desarrollar tratamientos, vacunas y diagnósticos	Sin fecha	Varios gobiernos, fundaciones, filántropos, corporaciones	1 200 millones
Multi-Country HIV/AIDS Program Financing	Mejorar los esfuerzos existentes en la prevención y el tratamiento por parte de los gobiernos y la comunidad	2000	Banco Mundial	1 100 millones
International AIDS Vaccine Initiative	Investigación y desarrollo de una vacuna contra el SIDA	1996	Banco Mundial/Global Forum for Health, Research Governments, Becton, Dickinson y Co., Fundación Gates, Continental Airlines, Deutsche AIDS-Stiftung, DHL, Google, Otto Haas Charitable Trust #2, Pfizer, Fundación Rockefeller, Until There's a Cure Foundation, y otros	>100 millones
Roll Back Malaria Partnership	Tratamiento y prevención	1998	Gobiernos, Banco Mundial, agencias de Naciones Unidas, academic institutos académicos, ONG, corporaciones, individuos	~150 millones <sup>176</sup>

Fuentes: *Science* 13 de enero de 2006, p. 163; Grupo ETC

Únicamente una de las iniciativas tiene más de diez años de antigüedad y cinco tienen menos de cinco años. (La excepción posible es el programa de freno a la malaria conocido como Roll Back Malaria Programme, que el *British Medical Journal* describió en 2004 como “una fallida iniciativa en salud”, debido a su incapacidad para poner a disposición en las comunidades más pobres las herramientas indispensables para el combate a la malaria – mosquiteros, insecticidas, medicinas con base en artemisinina.<sup>177</sup>)

Por otra parte, sería irresponsable declarar que algunos de estos programas son éxitos categóricos. Ninguna de las iniciativas está por encima de la crítica, aunque algunas de ellas están más propensas a los problemas que otras. En junio de 2006, *The New York Times* arrojó luz sobre ciertos fracasos relacionados con el combate a la malaria: The Global Fund tiene todavía que entregar por lo menos uno de los 1.8 millones de mosquiteros que prometió en Uganda en 2004; el Banco Mundial no tiene personal que trabaje la malaria pese a que en 2000 alegó que había reducido a la mitad las muertes por malaria en África; sólo 8 por ciento del presupuesto destinado a la malaria en 2004 por la Agencia Internacional de Desarrollo estadounidense (conocida en todo el mundo por sus siglas en inglés: USAID) se empleó en medicamentos, mosquiteros e insecticidas. El grueso de su presupuesto se utilizó en reuniones y en cuotas de consultoría.<sup>178</sup> En general, las críticas a las iniciativas de salud de gran perfil incluyen los malos manejos (corrupción rampante en algunos casos), duplicación de esfuerzos, ineficacia, cortedad de miras y falta de una “arquitectura” global capaz de aunar los esfuerzos.<sup>179</sup> En un momento en que crece el entusiasmo por el potencial de la nanomedicina para resolver los mayores retos de salud en el mundo, es importante enfatizar que ninguna innovación hará que estos problemas estructurales desaparezcan.

## **Aplicaciones de la medicina nanológica (suministro de medicamentos, imagenología y diagnóstico)**

Son vastas las aplicaciones potenciales de la nanotecnología en el campo de la medicina. En esta sección proporcionamos ejemplos que reflejan las áreas más intensivas de la nanomedicina y su investigación y desarrollo actuales (que implican productos comerciales): suministro dirigido de fármacos, terapias habilitadas nanológicamente, imagenología y diagnóstico. Hemos decidido no hacer una lista exhaustiva de posibles aplicaciones (pues hay cientos) sino ofrecer algunas muestras de las aplicaciones de la medicina nanológica en cada área. Debe notarse que el suministro de fármacos, la imagenología y el diagnóstico no siempre son sectores distintos. En la investigación del cáncer, el fin último es desarrollar dispositivos nanoescalares multifuncionales que actúen como agente imagenológico y terapia anticancerosa.<sup>180</sup>

### **I. Suministro de drogas dirigido**

**Nano-proyectiles de oro.** Una de las áreas más publicitadas de la investigación en medicina nanológica implica el uso de nano-proyectiles de oro que detecten y traten los tumores cancerosos. Aquí estamos ante un caso donde la detección y la terapia se traslapan: Los nano-proyectiles son agentes imagenológicos que funcionan también como agentes terapéuticos. Aunque la idea de los nano-proyectiles se remonta a principios de los años cincuenta, su creación se pospuso por varias décadas hasta que fue posible diseñarlos con ingeniería nanoescalar de partículas.<sup>181</sup> En los años noventa, Naomi Halas, de Rice University (Houston, EU), desarrolló nano-proyectiles de oro. En 2002, ella y su colega, Jennifer West, también de Rice, formaron una empresa de innovación llamada Nanoespectra Biosciences Inc. Desde entonces, la compañía ha recibido más de 5 millones de dólares en financiamiento para desarrollar los usos médicos de los nano-proyectiles de oro (incluidos más de 3 millones procedentes de fondos federales).<sup>182</sup> Se espera conseguir datos de pruebas realizadas con humanos para principios de 2007.<sup>183</sup>

Los nano-proyectiles de Halas son partículas de sílice (vidrio) completamente recubiertas de oro, construidas a partir de unos cuantos millones de átomos. Pueden producirse en un rango de tamaños, con diámetros menores a los 100 nm o tan grandes como varios cientos de nanómetros. La manufactura de los nano-proyectiles requiere técnicas de ingeniería nanológica con el fin de calibrar con finura el grosor nanoescalar del recubrimiento de oro, y que así exhiban las propiedades ópticas deseadas.

*La nanotecnología aplicada a la imagenología del cáncer nos promete reducir las dudas de que conducirá a una detección más sensible y precisa en las primeras etapas de la enfermedad... Estos esfuerzos borrarán las fronteras entre lo que llamamos detección y lo que llamamos terapia.*  
Adrian Lee, profesor de medicina, Baylor College of Medicine<sup>184</sup>

*Una de las áreas más publicitadas de la investigación en medicina nanológica implica el uso de nano-proyectiles de oro que detecten y traten los tumores cancerosos.*

*Los productos médicos que incorporan plata nanoescalar están entre los primeros éxitos comerciales de la nanotecnología.*

Cuando se inyectan al torrente sanguíneo, naturalmente se congregan en los sitios tumorales — por lo que no es necesario redireccionarlos.

Cuando los tumores crecen, crean a veces, muy rápido, muchísimos vasos sanguíneos. Como tal, esos vasos son frecuentemente deficientes, lo que permite que los nano-proyectiles se escurran por entre las “grietas” vasculares y lleguen al tumor. Detectar y bombardear tumores haciendo uso de sus defectos vasculares circundantes se conoce como “efecto de permeabilidad y retención acentuadas” o efecto EPR.

Halas describe un nano-proyectil como “una lente nanoscópica, en esencia”, pues captura la luz y luego la enfoca en torno de sí misma.<sup>185</sup> Si se manipula el tamaño de los nano-proyectiles — del núcleo de vidrio y de su recubrimiento de oro —, es posible alterar la forma en que absorben la luz. En la detección y la terapia del cáncer el objetivo es “calibrar” los nano-proyectiles para que interactúen con luz cercana al infrarrojo (conocida comúnmente como NIR por sus siglas en inglés).<sup>186</sup> Cuando se les expone a una luz NIR, los nano-proyectiles actúan como un enjambre de luciérnagas que iluminan el área donde se congregan (los sitios tumorales). Una vez que los nano-proyectiles completaron sus tareas imagenológicas, se vuelven agentes terapéuticos. Si se alumbró con un láser cercano al infrarrojo el sitio tumoral desde fuera del cuerpo (la luz puede viajar a través de los tejidos más de 10 centímetros), los nano-proyectiles absorben la luz y la enfocan en el tumor. El área circundante a los nano-proyectiles se calienta y “cocina” el tumor hasta su disipación. Esto no es tan diferente del experimento de ciencia con que nos ilustraban en la infancia: El nano-proyectil funciona como una lente de aumento, el láser es el sol y el tumor se calienta como una hoja de hierba.

En 2005, Halas describía los impactantes resultados del tratamiento del cáncer con nano-proyectiles aplicados en ratones:

“Una vez que [los nano-proyectiles] están en su lugar, la luz infrarroja se lanza desde fuera de la piel y se dirige al sitio tumoral. Esto implica el uso de un láser manual, muy simple de usar, y sólo bastan tres minutos... En los estudios con ratones hemos podido observar la completa remisión de los tumores en el lapso de diez días. Usamos dos grupos-control y sus tumores siguieron creciendo drásticamente hasta el fin. Pero los ratones que fueron tratados con nano-proyectiles sobrevivieron al estudio y presentaron una supervivencia del 100 por ciento, que persistió. Esa prueba se hizo en 2003. Hace casi dos años. Así que parece que la mayoría de esos ratones habrá de morir de viejos.”<sup>187</sup>

Halas resalta el hecho de que los nano-proyectiles no dejan “rastros tóxicos” en el cuerpo, mientras que los agentes convencionales quimio-terapéuticos sí. El sitio electrónico de Nanospectra afirma que “los estudios de largo plazo no indican toxicidad alguna ni efectos sobre el sistema inmunológico”.<sup>188</sup>

*Los especialistas en tratamiento de aguas a nivel municipal se preguntan si la plata nanoscópica en las lavadoras de ropa podría ocasionar serios problemas si las partículas de plata se descargan a los drenajes y matan plancton, lo que perturbaría la cadena alimenticia.*

*La ventaja potencial de la utilización de puntos cuánticos en imagenología del interior del cuerpo humano es que ofrecen la “más avanzada sensibilidad de detección” —una proteína simple, a la que se adhiere un punto cuántico fluorescente, puede ser rastreada dentro de una célula viva.*

*Los puntos cuánticos pueden permanecer dentro de las células por semanas o meses —pero no conocemos casi nada de cómo se metabolizan estas nano-partículas dentro del cuerpo o cuáles son sus rutas de excreción.*

Estas afirmaciones deberán inspeccionarse con mucho detalle ya que es muy probable que los nano-proyectiles se asienten permanentemente en el cuerpo –y no queda claro, hasta ahora, cómo podrá excretarlos.

## 2. Nano-partículas terapéuticas

### ¿Una bala de plata nanoscópica?

Los productos médicos que incorporan plata nanoescalar están entre los primeros éxitos comerciales de la nanotecnología. Aunque las propiedades antimicrobianas de la plata son conocidas hace miles de años, el incremento en el área superficial de las nano-partículas de plata diseñadas con ingeniería nanológica (de 1 a 100 nm) las torna más reactivas químicamente y resalta sus propiedades terapéuticas.

Nucryst Pharmaceuticals (una subsidiaria de Westaim Corporation) fabrica recubrimientos de heridas y quemaduras impregnados con plata nanoscópica con el fin de combatir la infección y la inflamación. La plata mata las bacterias y los virus al impedir el transporte de electrones en los microbios y desfasar la replicación celular cuando entra en contacto con el ADN. Los iones de plata (átomos que tienen una carga eléctrica debido al cambio en el número de electrones) pueden perturbar las estructuras microbianas y sus funciones.<sup>189</sup> El lado problemático es que los altos niveles de iones de plata, liberados por periodos prolongados de tiempo, pueden matar también las células, por lo que debe controlarse la exposición a ellos.<sup>190</sup>

Smith & Nephew, una de las firmas de equipo médico más grandes del mundo, vende los recubrimientos de heridas con capa de plata de Nucryst en treinta países, con el nombre de Acticoat. La demanda de recubrimientos antimicrobianos crece debido a que, con mucha rapidez, diversas bacterias se están volviendo resistentes a los antibióticos. Smith & Nephew afirma que el Acticoat es efectivo contra 150 patógenos, incluidos algunos microorganismos resistentes.<sup>191</sup>

Johnson & Johnson, Bristol-Myers Squibb y Medline Industries, entre otras compañías, comercializan ya productos médicos basados en plata nanoscópica. Pero los recubrimientos de heridas son sólo el principio. Dado que se calcula que las infecciones bacterianas relacionadas con la hospitalización son la quinta causa de muerte en Estados Unidos, las compañías intentan que se recubra con plata nanoscópica el instrumental quirúrgico, las sábanas de las camas y las cortinas de los hospitales.<sup>192</sup> En diciembre de 2005 la FDA concedió la aprobación de un catéter (un tubo para transportar líquidos) recubierto con plata antimicrobiana para su implantación en el cuerpo humano.<sup>193</sup>

*El detector de ADN revelará, por ejemplo, si un paciente presenta una mutación genética que lo predisponga a una enfermedad o lo haga propenso a desarrollar coágulos durante un proceso de cirugía.*

*Cualquier enfermedad que provenga del mal funcionamiento, del daño o las fallas de los tejidos puede curarse, potencialmente, mediante terapias de medicina regenerativa.*

US Department of Health and Human Services, 2020: A New Vision, A Future for Regenerative Medicine, 2005.<sup>194</sup>

Los recubrimientos de plata nanoscópica se usan también como dispositivos antimicrobianos en los productos de consumo,

como el acabado de refrigeradores, las escobas, los recipientes para almacenar alimentos y la ropa. SmartSilver son unos calcetines antimicrobianos que se venden a los soldados en las tiendas del ejército estadounidense, y los investigadores desarrollan telas con recubrimientos de plata nanoescalar que son descritas como “auto-limpiadoras”.<sup>195</sup> Una nueva lavadora de ropa lanzada al mercado por Samsung (llamada SilverCare) inyecta iones de plata al agua de lavado y enjuague. Samsung afirma que los iones de plata penetran la tela y matan las bacterias sin necesidad de agua caliente o blanqueador. Los especialistas en tratamiento de aguas a nivel municipal se preguntan si la plata nanoscópica en las lavadoras de ropa podría ocasionar serios problemas si las partículas de plata se descargan a los drenajes y matan plancton, lo que perturbaría la cadena alimenticia.<sup>196</sup> A petición hecha a principios de 2006 por la asociación estadounidense de dependencias en pro de agua limpia [National Association of Clean Water Agencies], la Agencia de Protección Ambiental del gobierno estadounidense consideró en junio de 2006 la revisión y clasificación de los productos que contuvieran nanopartículas de plata como plaguicidas —es decir, con la capacidad de matar vida vegetal.<sup>197</sup>

### **3. Nano-partículas aplicadas a la imagenología y el diagnóstico biomédico**

Los “puntos cuánticos” son nanopartículas semiconductoras que cuentan con propiedades ópticas y eléctricas únicas. Cuando se exponen a la luz, estas partículas nanoscópicas emiten claramente colores diferentes dependiendo de su tamaño. (A menor tamaño del punto cuántico, mayor la brillantez del color.) Aunque por décadas se han usado tintes fluorescentes en el cuerpo humano con fines de imagenología biomédica (para rastrear los efectos de fármacos anticancerosos, por ejemplo), con frecuencia son imprecisos y sólo son visibles por periodos cortos de tiempo. Los investigadores biomédicos esperan que los puntos cuánticos fluorescentes brinden una alternativa más luminosa, más precisa y más duradera. Los puntos cuánticos fluorescentes ya se utilizan en el rastreo o la identificación de material biológico *in vitro* e *in vivo* en animales (no en humanos) con propósitos de investigación. Los puntos cuánticos pueden inyectarse a las células o adherirse a las proteínas con el fin de rastrear, etiquetar o identificar moléculas biológicas específicas. Para los investigadores biomédicos, la ventaja potencial de la utilización de puntos cuánticos en imagenología del interior del cuerpo humano es que ofrecen la “más avanzada sensibilidad de detección” —una proteína simple, a la que se adhiere un punto cuántico fluorescente, puede ser rastreada dentro de una célula viva.<sup>198</sup>

*La nanotecnología juega un papel clave en la ingeniería de tejidos porque opera en la escala molecular y es capaz de integrar materiales biológicos y no biológicos. Trasplantar vejigas que crecen a partir de las propias células de un paciente marca el inicio de una era de “medicina del rejuvenecimiento” en la cual los órganos que no se desempeñan adecuadamente —debido a enfermedades o a la edad— pueden cambiarse por modelos que funcionen mejor.*

Los puntos cuánticos diseñados con ingeniería nanológica ya se emplean en la electrónica (en pantallas planas de computadoras y televisores) pero no han recibido aprobación para usarse en terapéutica o diagnóstico, en gran medida porque existe la preocupación de que potencialmente sean tóxicos. La investigación actual sugiere que “en ciertas condiciones, los puntos cuánticos pueden implicar riesgos para la salud humana o ambiental”.<sup>199</sup> El núcleo interno de la mayoría de los puntos cuánticos está hecho de cadmio y selenio, que son conocidos como causantes (en bajas concentraciones) de intoxicaciones agudas y crónicas en vertebrados.

En un intento por hacer que los puntos cuánticos sean seguros y biológicamente compatibles, su núcleo y su cáscara interna se encapsulan dentro de un recubrimiento bioactivo que los “funcionaliza” –y los vuelve adecuados para la imagenología molecular o el suministro de fármacos, por ejemplo. Sin embargo, si el recubrimiento exterior se degrada, puede dejar expuesto el núcleo tóxico. Los puntos cuánticos pueden permanecer dentro de las células por semanas o meses –pero no conocemos casi nada de cómo se metabolizan estas nanopartículas dentro del cuerpo o cuáles son sus rutas de excreción.<sup>200</sup>

Una reciente revisión toxicológica de los puntos cuánticos realizada por el investigador Ron Hardman de Duke University (en Carolina del Norte, Estados Unidos), concluye que no será fácil determinar cuáles puntos cuánticos implican problemas porque –como ocurre con las nanopartículas en general–, aun aquéllas que son químicamente similares pueden tener características físicas y toxicológicas drásticamente diferentes. Con los puntos cuánticos el tamaño, la forma y la composición de su núcleo metálico y de su cáscara exterior pueden ser un factor para determinar su toxicidad. El resultado es que “cada tipo de punto cuántico deberá caracterizarse en lo individual, para determinar su potencial tóxico”.<sup>201</sup>

**¿Puntos de carbono?** Los investigadores de Clemson University (Carolina del Sur, EUA), han desarrollado recientemente un nuevo tipo de punto cuántico a partir de carbono, y consideran que podría ser más benigno que las partículas compuestas de cadmio, **selenio** o plomo.<sup>202</sup> Cuando se cubren nano-partículas de carbono con polímeros especiales, destellan con brillantez cuando se les expone a la luz. Los investigadores creen que la foto-luminiscencia puede deberse a la presencia de “bolsas” que atrapan la energía o a agujeros en su superficie.

**Detectores de ADN.** Nanosphere, Inc. (Illinois, EUA) ha desarrollado un ultrasensible detector de ADN y de proteínas –consistente en dos instrumentos, cada uno del tamaño de una computadora de mesa– que la compañía afirma que cuenta con “niveles más sensitivos que otras técnicas de detección” y que “cambiará por completo la forma en que el mundo considera el diagnóstico”.<sup>203</sup> A partir de muestras de sangre y saliva, el detector de ADN, llamado Verigene, automatiza la identificación y el análisis de ácidos nucleicos y proteínas. El detector de ADN revelará, por ejemplo, si un paciente presenta una mutación genética que lo predisponga a una enfermedad o lo haga propenso a desarrollar coágulos durante un proceso de cirugía. La compañía asevera que su producto puede detectar proteínas en concentraciones mil veces menores que los métodos actuales –permitiendo detectar una proteína liberada en el cuerpo durante un ataque al corazón, o incluso, algún día, la proteína asociada con las etapas tempranas del Alzheimer.

El sistema Verigene utiliza diferentes técnicas para detectar ADN y proteínas, pero ambos sistemas utilizan nano-partículas de oro para crear sondeos muy selectivos y sensibles. Cuando los sondeos se combinan con una muestra, sólo pueden dirigirse a –y vincularse con– la construcción genética complementaria. El sistema es capaz de identificar marcadores genéticos en una sola prueba.

**Nano-sensores médicos.** Los investigadores de la Universidad de Illinois desarrollan un diminuto dispositivo implantable que permitiría a los diabéticos supervisar los niveles de glucosa sin extraerse sangre.<sup>204</sup> Los sensores están hechos de nanotubos de carbono – moléculas de carbono puro en forma de cilindro– que fluorescen naturalmente cuando los ilumina una luz infrarroja. El objetivo es desarrollar un sensor que pueda implantarse justo bajo la piel y que envíe una señal óptica cuando la ilumina una luz infrarroja. En esencia, mientras más glucosa haya en el cuerpo, con mayor brillantez destellarán los nano-tubos. Los sensores de glucosa implantables son únicamente el primer paso. Los investigadores confían en que algún día desarrollarán otros sensores para un amplio rango de sustancias bioquímicas tales como hormonas, colesterol o la presencia de drogas.

#### **4. Ingeniería de tejidos/implantes**

La medicina regenerativa es descrita como “la vanguardia del cuidado a la salud del siglo XXI” porque ofrece la promesa de reemplazar o regenerar tejidos y órganos.<sup>205</sup> Los investigadores emplean ya tecnologías nanoescalares para impulsar una ingeniería de tejidos, con el fin de crear tejidos y órganos totalmente biológicos o biohíbridos *in vitro* (es decir, en el laboratorio) que puedan implantarse de forma segura en el cuerpo humano. Un informe de 2005 preparado por el US Department of Health and Human Services predice con entusiasmo que el mercado mundial para la medicina regenerativa será de 500 mil millones para 2010 (esta cifra no se limita a la medicina regenerativa habilitada nanológicamente).<sup>206</sup>

**Ingeniería de tejidos.** La nanotecnología juega un papel clave en la ingeniería de tejidos porque opera en la escala molecular y es capaz de integrar materiales biológicos y no biológicos. Por ejemplo, los investigadores están utilizando estructuras nanoscópicas auto-replicantes para crear colágeno artificial (es decir, proteínas de tejido conectivo que son el componente proteico principal en huesos, piel, dientes y tendones). Dado que las proteínas colágenas son un componente estructural importante en los tejidos y órganos corporales, los investigadores esperan utilizar colágeno artificial nano-estructurado como andamiaje tridimensional necesario para impulsar la regeneración celular –y que así crezcan células, tejidos e incluso órganos específicos.<sup>207</sup>

Los investigadores ya usan esta técnica para crecer tejido de vejiga.<sup>208</sup> Cerca de 160 mil personas en Estados Unidos son tratadas de cáncer de vejiga anualmente, lo que requiere quitarles porciones de su órgano. Para reemplazar el tejido que se quitó quirúrgicamente, los científicos deben crear primero un andamiaje biocompatible sobre el cual puedan crecer de nuevo las células nuevas de la vejiga del paciente. Los investigadores de Purdue University están utilizando polímeros nanoestructurados (moléculas de cadena larga), biocompatibles, biodegradables y flexibles para construir un andamiaje tridimensional con protuberancias



nanométricas que atraviesan su superficie. El andamiaje nanoestructurado con polímeros es entonces “inseminado” con células de vejiga extraídas del paciente. Dado que las células de vejiga provienen del paciente que recibirá el trasplante, el nuevo tejido tiene menos probabilidad de provocar rechazo. Se reporta que las células crecen más rápido cuando se les proporciona un andamiaje con rasgos de superficie nanoescalar. La esperanza es que, tras ser implantado en el cuerpo humano, el andamiaje se disuelva lentamente, dejando intacto el tejido funcional de vejiga.

En abril de 2006, los investigadores informaron que las primeras vejigas urinarias crecidas en laboratorio y transplantadas a siete niños y adultos jóvenes ya funcionaban eficazmente por casi cuatro años.<sup>209</sup> *Washington Post* describió la hazaña como el Santo Grial de la medicina: “el primer cultivo de reemplazos que funcionan, para remediar los órganos deficientes de la gente”.<sup>210</sup> Estos trasplantes de vejiga se llevan a cabo a nivel experimental, y no han recibido la aprobación de la FDA estadounidense. La compañía que está comercializando la tecnología de trasplantes, Tengion, no ha revelado el costo estimado de un trasplante así. Trasplantar vejigas que crecen a partir de las propias células de un paciente marca el inicio de una era de “medicina del rejuvenecimiento” en la cual los órganos que no se desempeñan adecuadamente — debido a enfermedades o a la edad — pueden cambiarse por modelos que funcionen mejor. Algunos futuristas esperan amasar una colección de refacciones — incluso corazones — anticipándose a la inevitable decadencia del cuerpo.<sup>211</sup>

**Materiales para el injerto de huesos.** Los materiales nanoescalares se utilizan en el desarrollo de injertos de reemplazo de hueso que cuentan con mayor durabilidad, bioactividad y fuerza. NanoCoatings Ltd. (Australia) está desarrollando una tecnología para producir material sintético de reemplazo de huesos que podría usarse como injerto o como recubrimiento bioactivo en articulaciones artificiales — tales como los implantes dentales y los reemplazos de caderas o rodillas. El material de injerto de huesos, aún en las primeras etapas de su desarrollo, se deriva de la hidroxiapatita — una cerámica de fosfato de calcio que surge naturalmente, y que es también un componente mineral del esmalte dental y de los huesos — a la cual se recubre con carbonato de apatita nanoescalar.<sup>212</sup>

## Conclusiones

**¿Receta equivocada?** El desarrollo de la nanomedicina y sus impactos en las comunidades marginadas debe entenderse en un contexto social y político más amplio. El punto fundamental – que no es particular de la nanotecnología – es que las nuevas tecnologías no han proporcionado soluciones a los complejos problemas que tienen sus raíces en la pobreza y las desigualdades sociales. Los medicamentos habilitados nanológicamente y las tecnologías de mejoramiento del desempeño humano amenazan desviar, de las necesidades fundamentales de salud, los escasos fondos destinados a la investigación médica y su desarrollo.

Es más, el énfasis en intervenciones médicas de alta tecnología amenaza desviar la atención y los recursos de las aproximaciones no médicas que intentan impulsar el desarrollo humano. Las intervenciones básicas que conducen a mejoras en salubridad, vivienda, nutrición, educación y en el acceso a agua limpia – por ejemplo – pueden, en última instancia, conducir a mucho mayores avances en la salud humana que las tecnologías médicas de punta.

La innovación en nanomedicina obtiene su impulso principalmente del Norte y busca cumplir las necesidades de salud (orientadas al mercado) de los países de la OCDE. Hoy, la vasta mayoría de la investigación médica y su desarrollo está determinada por la ganancia, no por las necesidades humanas.

Aunque algunos promotores de la nanotecnología resaltarán los sorprendentes casos que ejemplifican, según nos aseguran, el potencial de la nanotecnología para responder a las principales necesidades de salud en el mundo en desarrollo (un microbio diseñado que sintetiza un poderoso fármaco contra la malaria y un microbicida para proteger a las mujeres contra el VIH/SIDA), es muy probable que los tratamientos de patente, de alta tecnología, serán muy inadecuados, inaccesibles e incosteables para las comunidades marginadas del Norte y del Sur.

Una investigación y un desarrollo en nanotecnología dedicados a allegarnos de agua segura y energía sustentable podrían ser una inversión más efectiva para dar respuesta a los aspectos fundamentales de la salud. Sin embargo, estas aplicaciones requieren estudios ulteriores que están más allá del alcance de este informe.

En los años por venir habrá un mayor énfasis en la medicina personalizada. La convergencia tecnológica hará posible, en teoría, refinar la estructura, la función y las capacidades de los cuerpos y los cerebros humanos. La línea entre mejoramiento/refinamiento y terapia terminará por desaparecer, y sesgará la percepción de la sociedad de lo que se considera “normal”.

*Los medicamentos habilitados nanológicamente y las tecnologías de mejoramiento del desempeño humano amenazan desviar, de las necesidades fundamentales de salud, los escasos fondos destinados a la investigación médica y su desarrollo.*

*En el contexto socio-económico actual, es muy probable que los medicamentos nanológicos, de propiedad privada, serán en gran medida inadecuados, inaccesibles e incosteables para las comunidades marginadas del Norte y del Sur.*

El énfasis en el HyPE (el mejoramiento del desempeño humano), no sólo amenaza redirigir los escasos fondos de investigación y desarrollo en medicina, desviándolos de las necesidades esenciales de salud de la gente marginada, sino que a fin de cuentas creará una “brecha de capacidades”. Al igual que la brecha digital, la brecha de capacidades ensanchará el abismo entre el Norte y el Sur, entre ricos y pobres, por todas partes. Es probable que en el contexto social y político que prevalece, la introducción de penetrantes tecnologías del refinamiento humano provoque la marginación de más grupos de personas.

Hay muchas cuestiones fundamentales sin respuesta, en relación a los impactos ambientales y de salud de los materiales nanoescalares que ya se usan en el desarrollo de medicamentos de innovación. Aunque muchos promotores prometen que la nanotecnología nos brindará revolucionarios avances en la medicina, es también posible que algunas de sus aplicaciones introduzcan nuevos riesgos a la salud humana. Es prácticamente desconocida la toxicología de los materiales nanoscópicos diseñados, y de los estudios toxicológicos que se condujeron con la misma sustancia formulada en partículas de mayor escala no pueden extrapolarse datos. Los recientes estudios toxicológicos sobre los impactos ambientales y de salud de las nanopartículas fabricadas indican que hay razones para preocuparnos. Y, pese al hecho de que algunos productos nanoescalares ya se comercializan (incluidos algunos medicamentos nanológicos), ningún gobierno del mundo ha desarrollado regulaciones que respondan a los aspectos de seguridad que implican los materiales nanométricos.

Dado que la tendencia creciente es probar los fármacos mediante pruebas clínicas efectuadas en algunas áreas del mundo en desarrollo, muchos de los nano-medicamentos acabarán probándose en personas del Sur global, antes de que de someterse a prueba en su país de origen y reciban la aprobación de los gobiernos del Norte. Actualmente no hay siquiera requisitos para etiquetar los materiales nanológicos, y no hay definiciones ni criterios establecidos para describirlos. En este vacío de regulaciones, es preocupante que los gobiernos del Sur (y las personas en quienes se prueban estos fármacos) no estén plenamente informados del involucramiento de la nanotecnología en las pruebas clínicas llevadas a cabo a nivel local o nacional.

En la Asamblea Mundial de la Salud (el organismo de gobierno de la Organización Mundial de la Salud) de mayo de 2006, los gobiernos se comprometieron a comenzar a trabajar una estrategia y un marco de trabajo globales para respaldar una estrategia de investigación y desarrollo en salud esencial, basada en las necesidades de la población.

El nuevo marco de trabajo enfatizará el acceso a nuevas invenciones médicas y explorará métodos para incentivar las innovaciones que no se basen en los monopolios de mercado o en los altos precios. La resolución adoptada por dicha asamblea es un ambicioso paso en la dirección correcta.

*Hay muchas cuestiones fundamentales sin respuesta, en relación a los impactos ambientales y de salud de los materiales nanoescalares que ya se usan en el desarrollo de medicamentos nanológicos.*

*Los gobiernos deben examinar cómo se determinan y financian las prioridades en la investigación médica y su desarrollo, y en qué forma se incentivan las innovaciones. ¿Estará el acceso a medicamentos esenciales determinado por los gobiernos, o por las compañías farmacéuticas que tienen patentes de éstos?*

## Recomendaciones

Antes de correr a abrazar la nanomedicina como imperativo tecnológico, la sociedad debe involucrarse de lleno en una amplia discusión que revise la nanotecnología. Las tecnologías nanoescalares emergentes requieren que la sociedad emprenda una evaluación científica, socioeconómica, con el fin de que los gobiernos tomen decisiones informadas acerca de sus riesgos, beneficios y valor esencial.

Como parte de un proceso más amplio que nos permita determinar las prioridades de atención a la salud, las naciones en desarrollo deben volverse participantes activos en la evaluación del papel que las tecnologías nanoescalares podrían o deberían jugar en la remediación de las necesidades de salud. Para mantener el paso del cambio tecnológico, los enfoques innovadores deben supervisarse; y debe evaluarse la introducción de nuevas tecnologías.

**Tecnología y diversidad.** La introducción de tecnologías médicas de punta puede desplazar, sin que nos demos cuenta, a aquellas intervenciones “convencionales” que juegan un papel importante en la salud pública de algunos segmentos de la población. En muchos países en desarrollo, especialmente en las áreas rurales, 80 por ciento de la gente depende de quienes ejercen saberes y prácticas de salud y medicina tradicionales.<sup>213</sup> Una estrategia de salud pública es enfocarse a mejorar el acceso a los saberes y las prácticas existentes —en vez de buscar productos privados, procedentes de la importación de investigaciones y desarrollos propios del capital intensivo. El informe de la comisión sobre derechos de propiedad intelectual, innovación y salud pública de la OMS, publicado en abril de 2006, apunta: “Hay posibilidades para hacer un mejor uso de la medicina tradicional, haciendo que los remedios tradicionales estén más disponibles y aplicando estos saberes para acelerar el desarrollo de nuevos tratamientos”.<sup>214</sup>

En última instancia, la sociedad debe activamente mantener y utilizar una diversidad de tecnologías viables que son social, económica y ambientalmente apropiadas. Si va a utilizarse la tecnología para responder a diversas necesidades sociales en diversos contextos culturales, es importante que los gobiernos mantengan una diversidad de tecnologías (antiguas y nuevas) y reconozcan y alienten las innovaciones tecnológicas indígenas que con frecuencia se pasan por alto ante las presiones para aceptar la introducción de una tecnología dominante.

*Las tecnologías nanoescalares emergentes requieren que la sociedad emprenda una evaluación científica, socio-económica, con el fin de que los gobiernos tomen decisiones informadas acerca de sus riesgos, beneficios y valor esencial.*

*En el ánimo de realizar evaluaciones más amplias de la ciencia y la tecnología nanoescalar, incluidos los impactos de la propiedad intelectual, el Grupo ETC aconseja a los gobiernos que establezcan una moratoria de la nanotecnología, y de todas las pruebas clínicas de fármacos que involucren materiales nanoescalares, a todos los niveles, hasta que haya regulaciones que protejan a los trabajadores, a los sujetos de los experimentos, a los consumidores y al ambiente, y hasta que sean considerados los impactos sociales más amplios.*

**Salud y seguridad de los medicamentos nanológicos.** En colaboración con la sociedad civil y en consulta con científicos, los gobiernos nacionales deberían establecer un régimen regulatorio *sui generis*, basado en el principio precautorio, específicamente diseñado para responder a los aspectos particulares de salud y del ambiente que están asociados con los materiales nanoescalares. (Sin embargo, esto no es un llamado para un protocolo de seguridad nanotecnológico de Naciones Unidas.) Es crucial que las discusiones en torno a la regulación no se limiten a aspectos de salud, seguridad y ambiente – también deben incluir la revisión de impactos socio-económicos más amplios, entre ellos quién tiene el control y es propietario de las tecnologías, y cuáles son sus impactos sobre la gente marginada.<sup>215</sup> En el ánimo de realizar evaluaciones más amplias de la ciencia y la tecnología nanoescalar, incluidos los impactos de la propiedad intelectual, el Grupo ETC aconseja a los gobiernos que establezcan una moratoria de la nanotecnología, y de todas las pruebas clínicas de fármacos que involucren materiales nanoescalares, a todos los niveles, hasta que haya regulaciones que protejan a los trabajadores, a los sujetos de los experimentos, a los consumidores y al ambiente, y hasta que sean considerados los impactos sociales más amplios.

**La nanotecnología y la propiedad intelectual.** Actualmente, la propiedad intelectual juega un gran papel en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, y la carrera en pos de obtener el control del colosal mercado nanotecnológico sigue su curso. Las patentes de medicamentos, dispositivos y métodos de diagnóstico habilitados nanológicamente tendrán influencia sobre quién tiene acceso a dichas innovaciones y cuál es el precio que tendrá que pagar. Se requieren estudios que determinen las implicaciones de la propiedad intelectual y de las tecnologías nanoescalares sobre la salud pública. Los gobiernos deberían pedir que la OMS, en consulta con la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, inicie estudios para examinar las implicaciones especiales que la propiedad intelectual, relacionada con la nanotecnología, guarda respecto de las prácticas monopólicas, la transferencia de tecnología, el comercio y la salud pública – en especial para los países del Sur global.

**Implicaciones sociales y éticas de las tecnologías convergentes.** Aunque el “mejoramiento del desempeño humano” conocido como HyPE por sus siglas en inglés, pueda parecer distante, la investigación en este campo avanza con rapidez y hace surgir preocupaciones éticas, de vastas repercusiones, que los gobiernos y la sociedad civil deberían encarar. Son cruciales los debates en torno a las implicaciones éticas, sociales y económicas del “mejoramiento” y la prolongación de la vida. Los gobiernos deberían solicitar que la Comisión de Derechos Humanos de Naciones Unidas emprenda estudios sobre las implicaciones de la convergencia nanoescalar de las tecnologías, sobre todo para la gente con discapacidades y para otras poblaciones marginadas del Sur global. Los representantes de las organizaciones de derechos de los discapacitados y de los derechos de salud sexual y reproductiva, así como otros movimientos sociales y la sociedad civil deben ser consultados en este proceso.

En su próxima reunión de 2007, la Asamblea de la Salud Mundial debería solicitar a la OMS que emprenda un análisis exhaustivo de la nanomedicina, la convergencia tecnológica nanoescalar y los potenciales impactos sociales económicos del “mejoramiento del desempeño humano” sobre las comunidades marginadas. Los representantes de las organizaciones de derechos de los discapacitados, así como otros movimientos sociales y la sociedad civil, deberían ser consultados en este proceso.

### **Una aproximación multilateral, legalmente vinculante, a la evaluación tecnológica.**

Más que aproximarnos a la evaluación de la tecnología cual si fuera un platillo que hay que comer, los gobiernos deberían considerar las estrategias de más largo plazo que enfrenten la introducción de nuevas y significativas tecnologías sobre la base de que son un proceso en curso. Para librarnos del ciclo de perturbaciones sociales que acompaña cada una de las introducciones tecnológicas, la comunidad internacional necesita un organismo independiente que se dedique a evaluar las principales nuevas tecnologías y proporcione un sistema de atención y alerta tempranas. Una posibilidad es el establecimiento de un marco intergubernamental que llamaríamos Convención Internacional de Evaluación de Nuevas

Tecnologías (CIENT). El objetivo de CIENT sería la creación de un ambiente científico y socio-político para lograr la evaluación firme, y a tiempo, de las nuevas tecnologías en un proceso participativo y transparente que

respalde el entendimiento y el debate en la sociedad, aliente la innovación social y científica, y emprenda una discusión sobre lo que implican los esquemas actuales de un “reparto de beneficios equitativo”.

Más aun, el marco intergubernamental garantizaría la conservación de aquellas tecnologías útiles, convencionales, distintivas culturalmente, y en particular, promovería la diversificación y la descentralización tecnológica. Para ahondar en los detalles del CIENT, véase el informe del Grupo ETC sobre Nanogeopolítica, julio/agosto de 2005).

El proceso de negociaciones en Naciones Unidas para desarrollar un acuerdo internacional como es el CIENT debería estimular también la amplia discusión social de alto nivel y alentar iniciativas de legislación nacionales y regionales, así como iniciativas institucionales que complementen dicho acuerdo internacional.

*Para librarnos del ciclo de perturbaciones sociales que acompaña cada una de las introducciones tecnológicas, la comunidad internacional necesita un organismo independiente que se dedique a evaluar las principales nuevas tecnologías y proporcione un sistema de atención y alerta tempranas.*

**Iniciativa de Diálogo Global sobre Nanotecnología y Pobres.** Una iniciativa actual, el Diálogo Global sobre Nanotecnología y los Pobres: Oportunidades y Riesgos, es apoyada por la Fundación Rockefeller, el International Development Research Centre of Canada, y el UK Department for International Development. (Ver cita 215). Para que el diálogo sea útil, debe contar con insumos que provengan de los representantes del Sur global, y de aquellas poblaciones más vulnerables a los perturbadores impactos de las tecnologías nanoescalares. Para garantizar que los diálogos entre las diferentes partes que examinan los impactos potenciales de la nanotecnología desde la diversidad, es también importante que participen los representantes de las organizaciones y comunidades que trabajan por los derechos de los discapacitados, los derechos a la salud y los derechos obreros, así como la sociedad civil de los países en desarrollo.

## Apéndice 1: el sucio secretito de los fármacos nanológicos

*Medicina Nanológica* se publicó en inglés en septiembre de 2006 (*Nanotech Rx*). Nuestro reporte menciona el fármaco Abraxane, desarrollado mediante nanotecnología. Bien, hay novedades al respecto. El 1 de octubre de 2006 el *New York Times* publicó una denuncia demoledora del Abraxane escrita por Alex Berenson.

Cuando la Administración de Alimentos y Drogas de Estados Unidos (FDA, siglas en inglés) otorgó su aprobación al Abraxane en enero de 2005, dijo que era un “salto gigantesco para la nanotecnología”. Abraxane es un fármaco nano-formulado para el tratamiento del cáncer de mama en sus etapas tardías, desarrollado por American Pharmaceutical Partners, que se transformó en Abraxis Bio Science a principios de este año. Después de que el Abraxane fue aprobado por la FDA, las acciones de la compañía se multiplicaron. Su presidente (quien tiene el 80% de las acciones) se convirtió en multimillonario.

Pero este medicamento contra el cáncer no es tan nuevo, al menos en algunos aspectos. Abraxane es una versión nanológica de Taxol –el fármaco anticáncer derivado de la corteza del árbol del tejo, patentado por Bristol-Meyers Squibb. Cuando la patente del Taxol expiró en 2000, una versión genérica, el Paclitaxel, se puso a disposición del público por US \$150 cada dosis. Abraxane es diferente porque está formulado en nanoescala y encapsulado en una cubierta de albúmina. Puesto que las coberturas de albúmina son proteína natural, los pacientes tienen muy pocas reacciones alérgicas, lo que no sucede con el Paclitaxel (o Taxol), que ocasiona terribles efectos secundarios. La compañía cobra US \$4 200 por una dosis de Abraxane, 28 veces más que el costo del Taxol genérico.

Pero la denuncia de Alex Berenson revela que el Abraxane y otras formulaciones nuevas como la del Taxol no han extendido las vidas de sus patentes más que el Taxol. Y según varios especialistas en medicamentos contra el cáncer entrevistados por Berenson, Abraxane no es una nueva clase de fármaco con ventajas significativas sobre medicamentos más antiguos o más baratos. El Dr. Ramaswamy Govindan dijo al *New York Times*, “en general, las nuevas formulaciones, hasta ahora, no son especialmente superiores a las antiguas”.

Los analistas de la industria predicen que las ventas anuales del Abraxane podrían alcanzar los mil millones de dólares para el 2010.

Este escenario enfatiza uno de los argumentos que presentamos en *Medicina Nanológica*: los fármacos desarrollados con nanotecnología servirán para asegurar y extender las patentes monopólicas sobre nuevas versiones de los compuestos farmacológicos ya existentes, así como de medicamentos más antiguos y con ciertos rezagos en su desempeño. En palabras de la firma NanoMarkets, la reformulación de los medicamentos en nano escala “puede incrementar las ganancias, expandir el caudal de propiedad intelectual de una empresa y desalentar a la competencia durante los años más importantes del medicamento.”

Como ocurre tantas veces con las grandes farmacéuticas, las nuevas drogas nano-formuladas poco tienen que ver con la innovación, y absolutamente todo con las patentes, las ganancias y la ambición corporativa.

## Apéndice 2: Glosario de nanomedicina

**Artemisinina.** Un producto natural extraído de las hojas de la artemisa, o ajeno dulce, conocido como remedio de todas las cepas conocidas de la malaria. Haciendo uso de **biología sintética**, los investigadores intentan desarrollar una versión de la artemisinina, derivándola de microbios.

**BANG.** Siglas que se refieren a la convergencia de tecnologías a partir de sus unidades operativas: Bits, Átomos, Neuronas y Genes, Las tecnologías implicadas son la nanotecnología, la biotecnología, la informática y la ciencia cognoscitiva, por lo que BANG es nombrado por el gobierno de Estados Unidos como NBIC (nano-bio-info-cogno). En Europa se le conoce como CTEKS, siglas de Converging Technologies for the European Knowledge Society [tecnologías convergentes en aras del conocimiento de la sociedad europea]. En Canadá se le conoce como BioSystemics Synthesis [síntesis biosistémica].

**Biodisponible.** Es decir, disponible biológicamente o a nivel biológico. Es la característica de un nutriente o un agente farmacológico que describe el grado en que el cuerpo puede utilizar el nutriente o el

medicamento. Las medicinas que se formulan en nano-partículas exhiben una biodisponibilidad incrementada.

**Biología sintética.** Se refiere a la construcción de nuevos sistemas vivientes en el laboratorio, y que se pueden programar para ejecutar tareas específicas. Cuando la biología sintética implica la integración de partes vivas e inertes en la escala nanométrica, es sinónimo de nano-biotecnología.

**Carga global de enfermedades.** Se refiere a una medición de la pérdida total de salud como resultado de enfermedades y lesiones, lo que arroja un cálculo de mortalidad y morbilidad según edad, sexo y/o región a la que se pertenece.

**Cito-tóxico.** Tóxico para las células. Hay datos científicos que sugieren que algunas formas de los materiales nanoescalares, son cito-tóxicas.

**Dendrimeros.** Son moléculas tridimensionales, nanoescalares, así llamadas porque las estructuras semejan árboles con ramas (*dendrones*). Los dendrimeros son capaces de alojar, sea en las cavidades internas o en la superficie, pequeñas moléculas que después pueden liberarse en momentos, lo que los hace prometedores agentes de suministro de medicamentos, y agentes de suministro de perfumes y herbicidas con liberación programada según un esquema temporal.

**Efectos cuánticos.** Son las propiedades ópticas, eléctricas o estructurales únicas y particulares de la escala nanométrica, que exhiben los materiales que son menores a los 100 nanómetros. En general, sólo las sustancias menores en por lo menos una dimensión exhiben esos efectos, aunque en casos particulares – como en los polímeros que son reforzados con nano-partículas, pues forman vínculos entre ambos materiales – esas propiedades especiales se presentan en tamaños mayores de 100 nanómetros.

**Fármacos huérfanos.** Un medicamento que no ha sido adoptado por la industria farmacéutica porque posee poco incentivo financiero para emprender investigaciones y comercializarse. Se asocia a una enfermedad huérfana, es decir una enfermedad que no reditúa el crear medicamentos que la traten o la prevengan. Son enfermedades raras que afectan a grupos pequeños de personas o enfermedades comunes de poblaciones negadas (por ejemplo la tuberculosis, el cólera, la tifoidea y la malaria) porque prevalece el criterio de producir ganancias en vez de encarar los males de los pobres en el Norte o el Sur global. (Ver <http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=11418>, revisado el 27 de julio de 2006).

**HYPE.** Un acrónimo que se refiere a las tecnologías y fármacos que trabajan por el mejoramiento, refinamiento o realce del desempeño humano. Algunos de estos métodos o tratamientos son desarrollados pensando en el mejoramiento. En otros casos, su potencial de realce se explota tras ser desarrollados.

**Medicamentos esenciales.** Según la Organización Mundial de la Salud, los medicamentos esenciales son aquéllos seleccionados por su eficacia y seguridad al responder a las necesidades prioritarias de salud en un país o región particular.

**Medicina personalizada.** Una aproximación al manejo de la salud que se basa en el perfil genético del paciente para que se revelen sus predisposiciones individuales a enfermedades particulares o sus niveles de receptividad a fármacos particulares.



**Microbicida.** Un agente farmacéutico capaz de matar virus o microbios patógenos.

**Molécula.** Una colección de átomos que se mantienen unidos por vínculos fuertes. Comúnmente se refiere a una partícula con un número de átomos lo suficientemente reducido como para ser contados (de unos cuantos a unos cuantos miles).

**Nanopartícula.** Es un pieza pequeña de materia, compuesta de un elemento particular o un compuesto de elementos. Lo típico es que midan menos de 100 nanómetros de diámetro. El término puede referirse a un amplio rango de materiales, incluida la materia particulada que expulsa el tubo de escape de un automóvil. En los últimos veinte años, las partículas diseñadas con ingeniería nanológica se fabrican con fines comerciales, con el propósito de sacarle ventaja a sus efectos cuánticos.

**Nano-proyectiles.** Pequeñas partículas, de varios cientos de nanómetros de diámetro, fabricadas usando técnicas de ingeniería nanológica, hechas de un material para el núcleo (por lo común sílice) y un recubrimiento (generalmente oro).

**Nanotubo.** Una molécula cilíndrica que parece malla de alambre para gallinero, enrollada. Los nano-tubos están hechos de diferentes sustancias, pero la mayoría de las investigaciones se enfoca en producir tubos de átomos de carbono puro. Los nano-tubos de carbono son cien veces más fuertes que el acero, inmutables a las temperaturas de hasta de 3 mil grados centígrados (6 500 grados fahrenheit) y son de tan sólo unos cuantos nanómetros de ancho.

**Polímero.** Una sustancia, sea natural o artificial, que consiste de moléculas de cadena larga. El plástico es el más común de los polímeros artificiales.

**Punto cuántico.** Una partícula nanoescalar (de unos cuantos cientos a unos cuantos miles de átomos) que cuenta con extraordinarias propiedades ópticas que pueden acomodarse cambiando el tamaño o la composición de la partícula. Los puntos cuánticos absorben la luz y rápido la remiten con diferente color. Los puntos cuánticos pueden calibrarse a cualquier longitud de onda seleccionada con tan sólo alterar su tamaño, lo que los hace útiles en el etiquetado o identificación biológica. Son usados en el diagnóstico y en el desarrollo de fármacos.

**Suministro dirigido de fármacos.** La capacidad de dirigir con precisión un fármaco a la localización deseada en el cuerpo, tal como la de órganos particulares o células específicas.

**Tráfico de enfermedades.** Es hacer mercadotecnia con las afecciones, lo que incrementa el número de personas que se identifican a sí mismas o son identificadas por otros, como enfermas, con el fin de expandir los mercados de quienes venden fármacos o tratamientos.

**Trasnhumanismo.** Una posición que considera que los humanos nos encontramos en una etapa temprana de desarrollo, y que reivindica el uso de tecnologías que alteren las capacidades actuales de los cuerpos y las mentes humanas.

## Notas:

- 
- <sup>1</sup> Calestous Juma y Lee Yee-Cheong, "Innovation: Applying Knowledge in Development", UN Millennium Project Task Force on Science, Technology, and Innovation, 2005, pp. 69 ff. En la red electrónica: [http://bcsia.ksg.harvard.edu/BCSIA\\_content/documents/TFAdvance2.pdf](http://bcsia.ksg.harvard.edu/BCSIA_content/documents/TFAdvance2.pdf).
- <sup>2</sup> NanoMarkets, White Paper: *Nano-Enabled Drug Delivery Systems Market*, diciembre de 2004, p. 6-7.
- <sup>3</sup> Organización Mundial de la Salud (OMS), *Public Health, Innovation and Intellectual Property Rights*, Informe de la comisión de derechos de propiedad intelectual, [Commission on Intellectual Property Rights, Innovation and Public Health], abril de 2006. <http://www.who.int/intellectualproperty/documents/thereport/CIPIHReport23032006.pdf>.
- <sup>4</sup> Esta discusión se basa en el trabajo del doctor Gregor Wolbring, University of Calgary. Ver G. Wolbring, *The Triangle of Enhancement Medicine, Disabled People, and the Concept of Health: A New Challenge for HTA*, Health Research, and Health Policy, Alberta Heritage Foundation for Medical Research, HTA Initiative # 23, diciembre de 2005, disponible en la red electrónica: <http://www.ahfmr.ab.ca/publications/>. El doctor Wolbring es uno de los fundadores del Center for Nanotechnology in Society [centro de nanotecnología en la sociedad] en Arizona State University (EUA), director ejecutivo del Center for Bioethics, Culture and Disability [centro de bioética, cultura y discapacidad] ([www.bioethicsanddisability.org](http://www.bioethicsanddisability.org)) y miembro de la junta directiva del Grupo ETC.
- <sup>5</sup> <http://www.who.int/about/en/index.html>
- <sup>6</sup> David Rejeski, director del proyecto de nanotecnologías emergentes [Project on Emerging Nano-technologies], Woodrow Wilson International Center for Scholars. Éste es su testimonio ante el comité de ciencia de la Cámara de representantes estadounidenses, 17 de noviembre de 2005.
- <sup>7</sup> *Ibid.*
- <sup>8</sup> Lux Research, Inc., [www.luxresearchinc.com](http://www.luxresearchinc.com).
- <sup>9</sup> Lux Research, Inc. Lux incluye la purificación del agua, la comida, la agricultura y los cosméticos en la amplitud del término "ciencias de la vida". Sin embargo, según Lux Research la mayoría sustancial de dicha inversión se dirige a usos médicos.
- <sup>10</sup> European Science Foundation, *ESF Forward Look on Nanomedicine 2005*. En la red electrónica: <http://www.esf.org/publication/214/Nanomedicine.pdf>.
- <sup>11</sup> <http://www.cihr-irsc.gc.ca/e/28268.html>
- <sup>12</sup> Lynn Yoffee, "Nanomedicine and Nano Device Pipeline Surges 68%", *NanoBiotech News*, 4 de enero, 2006.
- <sup>13</sup> Informe 2006 sobre Nanomedicina, Dispositivos y Diagnóstico [2006 *Nanomedicine, Device and Diagnostic Report*], del editor de *NanoBiotech News*, 2006.
- <sup>14</sup> Lynn Yoffee, "Nanomedicine and Nano Device Pipeline Surges 68%", *op.cit.*
- <sup>15</sup> Estudio de referencia de Lux Research Inc., 2006. *The Nanotech Report*, Cuarta Edición. Las cifras atribuidas a Lux que se citan en los párrafos siguientes provienen de este estudio: [www.luxresearchinc.com](http://www.luxresearchinc.com).
- <sup>16</sup> Informe 2006 sobre Nanomedicina, Dispositivos y Diagnóstico [2006 *Nanomedicine, Device and Diagnostic Report*], del editor de *NanoBiotech News*, 2006, p. 4.
- <sup>17</sup> Douglas W. Jamison, presidente de Harris & Harris Group, Inc. Citado en el informe 2006 sobre Nanomedicina, Dispositivos y Diagnóstico [2006 *Nanomedicine, Device and Diagnostic Report*], del editor de *NanoBiotech News*, 2006, p. 2.
- <sup>18</sup> La cifra, que es una estimación aproximada, se calculó con base en el financiamiento que le otorgó la National Nanotechnology Initiative [la iniciativa nacional en nanotecnología] al departamento de salud y servicios humanos [Department of Health and Human Services (NIOSH)]. La National Nanotechnology Initiative incluye al NIOSH y a los institutos nacionales de salud. <http://www.nano.gov/html/about/funding.html>.
- <sup>19</sup> Boletín de prensa del National Cancer Institute, "National Cancer Institute Awards \$26.3 Million to Establish Eight Centers of Cancer Nanotechnology Excellence", 3 de octubre de 2005; actualizado en febrero de 2006. En la red electrónica: [http://nano.cancer.gov/alliance\\_awards/press/pr\\_2005\\_10\\_03.asp#update](http://nano.cancer.gov/alliance_awards/press/pr_2005_10_03.asp#update).
- <sup>20</sup> [http://nano.cancer.gov/about\\_alliance/mission.asp](http://nano.cancer.gov/about_alliance/mission.asp)
- <sup>21</sup> Comunicación personal con Uta Faure, DG Research, European Commission. Esto incluye proyectos que se encuentran en la fase final de negociaciones pero que aún no se firman.
- <sup>22</sup> Comunicación de la oficina del asesor nacional de ciencia al primer ministro canadiense, *A Summary of Canadian Nanomedicine Research Funding*, 11-12 de octubre, 2005.

- 
- <sup>23</sup> Folleto del Instituto Nacional de Cáncer [National Cancer Institute] "Cancer Nanotechnology: Going Small for Big Advances", p. 7. En la red electrónica: [http://nano.cancer.gov/resource\\_center/exploring.asp](http://nano.cancer.gov/resource_center/exploring.asp)
- <sup>24</sup> Folleto del Instituto Nacional de Cáncer [National Cancer Institute] "Cancer Nanotechnology: Going Small for Big Advances", p. 7., *op.cit.*
- <sup>25</sup> NCI Alliance for Nanotechnology in Cancer, "Mission to the Inside of a Living Cell", mayo de 2006. En la red electrónica: [http://nano.cancer.gov/news\\_center/monthly\\_feature\\_2006\\_may.asp](http://nano.cancer.gov/news_center/monthly_feature_2006_may.asp).
- <sup>26</sup> Jeffery Schloss, Co-director, National Institutes of Health Nanomedicine Roadmap Initiative, National Institutes of Health, US Department of Health and Human Services, Éste es su testimonio ante el comité de comercio, ciencia y transporte del Senado estadounidense, 15 de febrero de 2006.
- <sup>27</sup> <http://ncl.cancer.gov/>
- <sup>28</sup> Véase la definición de la nanotecnología en el sitio electrónico de la Fundación Nacional de Ciencia estadounidense: [http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/omb\\_nifty50.jsp](http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/omb_nifty50.jsp) (consultada el 13 de julio de 2004).
- <sup>29</sup> Folleto del Instituto Nacional de Cáncer [National Cancer Institute] "Cancer Nanotechnology: Going Small for Big Advances", p. 7., *op.cit.*
- <sup>30</sup> NanoMarkets, "The Impact of Nanotechnology in Drug Delivery: Global Developments, Market Analysis and Future Prospects", 21 de marzo de 2005. Ver [www.nanomarkets.net](http://www.nanomarkets.net).
- <sup>31</sup> En el sitio electrónico de Elan: <http://www.elan.com/EDT/nanocrystal%5Ftechnology/>.
- <sup>32</sup> Según la FDA, *bioequivalencia* significa: "la ausencia de diferencias significativas en la tasa y el grado en que el ingrediente activo, o la porción activa de los equivalentes o alternativas farmacéuticas, se hacen disponibles en el sitio de la acción del medicamento cuando se administra en la misma dosis molar, bajo las mismas condiciones, durante un estudio diseñado apropiadamente. Donde existan diferencias intencionales en la tasa (digamos en modos de emisión y dosis expandidos), ciertas equivalentes o alternativas farmacéuticas pueden considerarse bio-equivalentes si no existe una diferencia significativa en el grado en que un ingrediente o porción activos de un producto particular estén disponible en el sitio de la acción medicamentosa. Esto se aplica sólo si es intencional la diferencia en la tasa en que se hace disponible un ingrediente o porción activos en el sitio de la acción de la droga, mientras esto se refleje en el etiquetado propuesto, no sea esencial en conseguir concentraciones de droga eficaces en usos crónicos y se considere que es médicamente insignificante para el efecto de la droga". Ver: [http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/01apr20051500/edocket.access.gpo.gov/cfr\\_2005/aprqr/21cfr320.1.htm](http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/01apr20051500/edocket.access.gpo.gov/cfr_2005/aprqr/21cfr320.1.htm).
- <sup>33</sup> Citado en R. Ramachandran, "Token Gesture for Nanoscience", *Frontline Online*, Vol. 23, núm. 13, julio 1- 14, 2006. En la red electrónica: <http://www.flonnet.com/stories/20060714003911300.htm> (revisado el 8 de julio, 2006).
- <sup>34</sup> Mary C. Till et al., "Nanotech Meets the FDA: A Success Story About the First Nanoparticulate Drugs Approved by the FDA", *Nanotechnology Law & Business*, vol. 2, issue 2, mayo, 2005.
- <sup>35</sup> Lux Resarch Inc., *The Nanotech Report 2004*, vol. 1, p. 199.
- <sup>36</sup> *Ibid.*
- <sup>37</sup> *Ibid.*
- <sup>38</sup> John B. McKinlay y Sonja M. McKinlay, "The Questionable Contribution of Medical Measures to the Decline of Mortality in the United States in the Twentieth Century", *Milbank Quarterly* 1977, 55, pp. 405-429.
- <sup>39</sup> Discurso del doctor Frank R. Lichtenberg, profesor de Columbia University Business School, "Better Health, Longer Lives: The Case for Paying for New Drugs", 9 de diciembre de 2003. Una transcripción editada está disponible en la red electrónica: <http://www.manhattan-institute.org/html/cmp12-03.htm> (revisada el 18 de julio, 2006).
- <sup>40</sup> John B. McKinlay and Sonja M. McKinlay, "The Questionable Contribution of Medical Measures to the Decline of Mortality in the United States in the Twentieth Century", *op.cit.* Ver [http://www.manhattan-institute.org/html/medical\\_progress.htm](http://www.manhattan-institute.org/html/medical_progress.htm) (revisado el 19 de julio, 2006).
- <sup>41</sup> Ver [http://www.manhattan-institute.org/html/medical\\_progress.htm](http://www.manhattan-institute.org/html/medical_progress.htm).
- <sup>42</sup> Frank R. Lichtenberg, profesor de Columbia University Business School, "Better Health, Longer Lives: The Case for Paying for New Drugs", *op.cit.*
- <sup>43</sup> Frank R. Lichtenberg, "The Impact of New Laboratory Procedures and other Medical Innovations on the Health of Americans, 1990-2003: Evidence from Longitudinal, Disease-Level Data", Documento de trabajo 12120 del National Bureau of Economic Research, marzo de 2006.
- <sup>44</sup> El *curriculum vitae* del doctor Frank Lichtenberg está disponible en la red electrónica: <http://www0.gsb.columbia.edu/faculty/flichtenberg/cv.html> (revisado el 19 de julio de 2006).

- 
- <sup>45</sup> Ver, por ejemplo, Philip E. Ross, "Tiny Toxins?" *Technology Review*, mayo de 2006, que resume los aspectos y da referencias de una selección de estudios de toxicología recientes, algunos de los cuales han arrojado resultados perturbadores, aunque ninguno de ellos es definitivo.
- <sup>46</sup> Ver por ejemplo el texto anónimo, "Nanotube Toxicity Linked to Functionalization", 3 de noviembre de 2005, <http://nanotechweb.org/articles/news/4/11/3/1>.
- <sup>47</sup> Ver el inventario de productos compilado por el Woodrow Wilson International Center for Scholars, <http://www.nanotechproject.org/consumerproducts/>.
- <sup>48</sup> Thomas C. Long, *et al.*, "Titanium Dioxide (P25) Produces Reactive Oxygen Species in Immortalized Brain Microglia (BV2): Implications for Nanoparticle Neurotoxicity", *Environ. Sci. Technol.* Fecha de publicación en la red electrónica, 7 de junio, 2006. El resumen está disponible aquí: <http://pubs.acs.org/cgi-bin/abstract.cgi/esthag/asap/abs/es060589n.html>.
- <sup>49</sup> Boletín de prensa de Frost & Sullivan, "Nanotechnology Holds Promise of Revolutionising European Drug Discovery Markets", 30 de mayo de 2006. En la red electrónica: <http://www.healthcare.frost.com> (revisado el 21 de junio de 2006).
- <sup>50</sup> Liz Kalaugher, "Nanoparticle Size Affects Uptake by Cells", 17 de marzo de 2006. En la red electrónica: <http://nanotechweb.org/articles/news/5/3/10> (revisado el 21 de junio de 2006).
- <sup>51</sup> *Ibid.*
- <sup>52</sup> G. Oberdörster *et al.*, "Translocation of Inhaled Ultrafine Particles to the Brain," *Inhalation Toxicology*, 16(6-7), pp. 437-445. Este documento se encuentra en la red electrónica: <http://www.mindfully.org/Health/2004/Nonoparticles-On-Brain2004.htm> (revisado el 7 de julio de 2006).
- <sup>53</sup> *Ibid.*, p. 126.
- <sup>54</sup> Ray Kurzweil, "Reprogramming Biology", *Scientific American*, julio de 2006. Ver también, Kurzweil, "Trends Hint at a Golden Era of Nanotechnology", *Science & Theology News Online*, 11 de mayo de 2006. en la red electrónica: <http://www.stnews.org/commentary-2820.htm>.
- <sup>55</sup> Ver Ray Moynihan y David Henry, "The Fight Against Disease Mongering: Generating Knowledge for Action", *PloS Medicine*, vol. 3, número 4, abril de 2006. En la red electrónica: [www.plosmedicine.org](http://www.plosmedicine.org).
- <sup>56</sup> Gregor Wolbring, "The Unenhanced Underclass", en Paul Miller, James Wilsdon, eds., *Better Humans? The Politics of Human Enhancement and Life Extension*, Demos, colección 21, 2006, p. 125. En la red electrónica: [www.demos.co.uk](http://www.demos.co.uk).
- <sup>57</sup> Ver, por ejemplo, Leon Kass *et al.*, *Beyond Therapy: Biotechnology and the Pursuit of Happiness*, Consejo de Bioética del presidente [President's Council on Bioethics], octubre de 2003. En la red electrónica: <http://www.bioethics.gov/reports/>.
- <sup>58</sup> Gregor Wolbring, "The Unenhanced Underclass", en *Better Humans? The politics of human enhancement and life extension*, editado por Paul Miller y James Wilsdon, 2006, pp. 122-128.
- <sup>59</sup> El sitio electrónico de World Transhumanist Association [asociación mundial de transhumanistas] es [www.betterhumans.com](http://www.betterhumans.com).
- <sup>60</sup> Ver <http://www.sens.org/>.
- <sup>61</sup> Ver, por ejemplo, Nick Bostrom, "The Transhumanist FAQ: A General Introduction", Versión 2.1 (2003), p. 21. En la red electrónica: <http://www.transhumanism.org/resources/faq.html>. "El progreso tecnológico no resuelve el añejo problema político de cuál sería la redistribución del ingreso apropiada, pero puede agravar el tamaño del pastel que hay que dividir.
- <sup>62</sup> <http://kidshealth.org/parent/medical/bones/dwarfism.html>.
- <sup>63</sup> Anónimo, "Robust Black Market for Rarely Prescribed Drug", Associated Press, 9 de junio de 2006. En la red electrónica: <http://msnbc.msn.com/id/13212311> (revisado el 28 de junio, 2006).
- <sup>64</sup> Stephen S. Hall, "The Short of It", *The New York Times*, 16 de octubre de 2005, disponible en la red electrónica: <http://www.shortsupport.org/News/0522.html> (revisado el 28 de junio, 2006).
- <sup>65</sup> *Ibid.*
- <sup>66</sup> Michael Freemark, "Growth Hormone Treatment of 'Idiopathic Short Stature': Not so Fast", *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Vol. 89, Núm. 7, 2004, pp. 3138-3139.
- <sup>67</sup> Roger Highfield, "Magnetic Field 'Can Boost Brain'", *The Telegraph Online* (Reino Unido), 7 de junio, 2006. En la red electrónica (revisado el 26 de junio, 2006): <http://www.telegraph.co.uk/news/main.jhtml?xml=/news/2006/06/07/wbrain07.xml&Sheet=/news/2006/06/07/ixnews.html>.
- <sup>68</sup> Joel Garreau, "Enhancing the Warriors", *Fortune*, 30 de mayo, 2005. En la red electrónica: [http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune\\_archive/2005/05/30/8261230/index.htm](http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune_archive/2005/05/30/8261230/index.htm).
- <sup>69</sup> <http://www.darpa.mil/dso/thrust/biosci/cap.htm>
- <sup>70</sup> <http://www.bausch.com/us/resource/surgical/refractive/evolution.jsp>
- <sup>71</sup> David S. Cloud, "Perfect Vision Is Helping and Hurting Navy", *The New York Times*, 20 de junio, 2006.

- 
- <sup>72</sup> Ray Moynihan, Iona Heath, David Henry, "Selling Sickness: the pharmaceutical industry and disease mongering", *BMJ*, 324:886-891, 13 de abril de 2002. En Internet: <http://bmj.bmjournals.com/cgi/content/full/324/7342/886?ijkey=15c0fc0542f3d9c>
- <sup>73</sup> Helen Pearson, "Drug discovery: In the Eye of the Beholder", *Nature* en línea, 29 de agosto de 2003, <http://www.nature.com/news/2003/030825/full/030825-5.html> (revisado el 2 de agosto, 2006).
- <sup>74</sup> BBC, "'Smart Drugs' Boost Pilot Memory", lunes, 8 de julio de 2002. En la red electrónica: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/2116476.stm> (revisado el 31 de julio de 2006).
- <sup>75</sup> Anónimo, "Supercharging the Brain", *The Economist*, 16 de septiembre de 2004.
- <sup>76</sup> Ver el boletín de prensa de Sound Pharmaceuticals, "New Drug for Hearing Loss Enters Clinical Testing", 12 de junio de 2006. En la red: <http://www.soundpharmaceuticals.com/news.html> (revisado el 4 de agosto de 2006).
- <sup>77</sup> <http://www.cyberkineticsinc.com/content/medicalproducts/braingate.jsp>
- <sup>78</sup> [http://www.idiap.ch/current\\_projects.php?project=27](http://www.idiap.ch/current_projects.php?project=27)
- <sup>79</sup> Jo Revill, "Mind Power Allows Disabled to Take a Virtual Stroll", *The Observer*, 2 de julio de 2006. En la red electrónica: [http://observer.guardian.co.uk/uk\\_news/story/0,,1810779,00.html](http://observer.guardian.co.uk/uk_news/story/0,,1810779,00.html).
- <sup>80</sup> <http://www.bernstein-zentren.de/en/259.php>.
- <sup>81</sup> Yuri Kageyama, "Remote Control Device 'Controls' Humans", Associated Press, 26 de octubre de 2005. En la red: <http://www.sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?f=/n/a/2005/10/25/financial/f133702D73.DTL>
- <sup>82</sup> Lakshmi Sandhana, "This is a Computer on Your Brain", *Wired online*, 12 de julio de 2006. En la red electrónica: <http://www.wired.com/news/technology/medtech/0,71364-0.html>.
- <sup>83</sup> Simon Collins, "Couples' Nervous System Linked by Implants in Limbs", *The New Zealand Herald*, 7 de junio de 2004. En la red electrónica: [http://www.nzherald.co.nz/category/story.cfm?c\\_id=55&objectid=3576668](http://www.nzherald.co.nz/category/story.cfm?c_id=55&objectid=3576668) (revisado el 4 de agosto, 2006).
- <sup>84</sup> Michael Chorost, "My Bionic Quest for Boléro", *Wired*, noviembre de 2005. En la red electrónica: <http://www.wired.com/wired/archive/13.11/bolero.html>.
- <sup>85</sup> Robert S. Boyd, "Scientists Race to Create Bionic Arm: Federal Government Wants Better Prostheses for Wounded Soldiers", *Knight Ridder*, 29 de mayo de 2006. En la red electrónica: <http://www.charlotte.com/mld/charlotte/news/14691684.htm>
- <sup>86</sup> Alex Ignatiev *et al.*, "Bionic Eyes - Ceramic Microdetectors That May Cure Blindness", <http://www.azom.com/details.asp?ArticleID=1544> (Source: *Materials World*, Vol. 10, núm. 7, pp. 31-32, julio de 2002). Vincent Landon, "Bionic eye offers new window on the world", *Swiss Info*, 5 de noviembre, 2003, En la red electrónica: <http://www.swissinfo.org/sen/Swissinfo.html?siteSect=511&sid=4415302> (revisado el 3 de agosto de 2006). Sitio electrónico de VisionCare Ophthalmic Technologies: <http://www.visioncareinc.net/homepage.html>. Ver también Cyrus Farivar, "Jeepers Creepers, Bionic Peepers", *Wired*, 5 de mayo de 2005. En la red electrónica: <http://www.wired.com/news/technology/medtech/0,67429-0.html> (revisado el 3 de agosto, 2006).
- <sup>87</sup> Katherine Bourzac, "This Is Your Brain on Nanotubes", *Technology Review*, 19 de mayo, 2006. En la red electrónica: [http://www.technologyreview.com/read\\_article.aspx?id=16895&ch=nanotech&sc=&pg=1](http://www.technologyreview.com/read_article.aspx?id=16895&ch=nanotech&sc=&pg=1).
- <sup>88</sup> Andrew Rimas, "He can Build Them Better, Faster, Sexier", *Boston Globe*, 12 de junio de 2006. En la red electrónica: [http://www.boston.com/news/globe/health\\_science/articles/2006/06/12/he\\_can\\_build\\_them\\_better\\_faster\\_sexier/](http://www.boston.com/news/globe/health_science/articles/2006/06/12/he_can_build_them_better_faster_sexier/) (revisado el 3 de agosto de 2006); Ver el sitio electrónico de la compañía Ossur: <http://www.ossur.com/template110.asp?PageID=1780>.
- <sup>89</sup> Associated Press, "Europe Has the Hot Hand", 3 de diciembre de 2005. En la red electrónica: <http://www.wired.com/news/technology/medtech/0,69749-0.html> (revisado el 4 de agosto, 2006).
- <sup>90</sup> Kevin Bullis, "Brain-Healing Nanotechnology", *Technology Review*, 14 de marzo de 2006. En la red electrónica: [http://www.technologyreview.com/read\\_article.aspx?id=16591&ch=nanotech/](http://www.technologyreview.com/read_article.aspx?id=16591&ch=nanotech/).
- <sup>91</sup> Gretchen Cuda, "Building Better Bones With Ice", *Wired*, 14 de marzo de 2006. En la red electrónica: <http://www.wired.com/news/technology/medtech/0,70371-0.html> (revisado el 3 de agosto, 2006).
- <sup>92</sup> Helen Phillips, "Brain Prosthesis Passes Live Tissue Test", 25 de octubre de 2004, *New Scientist* online. En la red electrónica: <http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn6574> (revisado el 4 de agosto, 2006); ver también Lakshmi Sandhana, "Chips Coming To A Brain Near You", *Wired News*, 22 de octubre de 2004. En la red electrónica: <http://www.wired.com/news/medtech/0,1286,65422,00.html>.
- <sup>93</sup> Peggy Peck, "Doctor's Specialty is Re-wiring Brain", *MedPageToday.com*, 22 de marzo de 2006. En la red electrónica: [http://www.cnn.com/2006/HEALTH/03/21/profile\\_rezai/index.html](http://www.cnn.com/2006/HEALTH/03/21/profile_rezai/index.html). Ver también: [http://www.stjosephs-stpaul.org/CareService/6\\_Other\\_Services/3\\_Deep\\_Brain\\_Stimulation/index.cfm](http://www.stjosephs-stpaul.org/CareService/6_Other_Services/3_Deep_Brain_Stimulation/index.cfm).
- <sup>94</sup> Kevin Bullis, "Nanowires in the Brain Making Brain Implants Safer, Cheaper", *Technology Review*, 11 de julio 2006. En la red electrónica: [http://www.technologyreview.com/read\\_article.aspx?id=17071&ch=nanotech](http://www.technologyreview.com/read_article.aspx?id=17071&ch=nanotech).

- 
- <sup>95</sup> Boletín de prensa de Cyberonics, Inc., "FDA Approves Cyberonics' VNSTherapy System for Treatment- Resistant Depression (TRD)", 15 de julio de 2006. En la red: [http://www.cyberonics.com/PressRelease\\_detail.asp?ID=F5FBFBC8-1998-46D3-A234-53A960853081](http://www.cyberonics.com/PressRelease_detail.asp?ID=F5FBFBC8-1998-46D3-A234-53A960853081). Ver también Benedict Carey, "FDA Considers Implant Device for Depression", *New York Times*, 21 de mayo de 2005, disponible en la red electrónica: <http://www.wireheading.com/vagus-stimulator/index.html> (revisado el 4 de agosto, 2006).
- <sup>96</sup> Rouiller Eric M., "Anti-Nogo-A Treatment Enhances Corticospinal Tract Sprouting and Functional Recovery After Unilateral Cervical Lesion in Adult Primates", *Nature Protocols*, DOI: 10.1038/nprot.2006.190. En la red electrónica: [http://www.natureprotocols.com/2006/07/21/antinogoa\\_treatment\\_enhances\\_c.php](http://www.natureprotocols.com/2006/07/21/antinogoa_treatment_enhances_c.php).
- <sup>97</sup> Simon Bradley, "Swiss Make Breakthrough in Spinal Research", *Swiss info*, 7 de julio de 2006, disponible en la red electrónica: <http://www.nzz.ch/2006/07/07/eng/article6876510.html> (revisado el 4 de agosto, 2006).
- <sup>98</sup> Ian Johnston, "GM Spray Could Keep Dentist at Bay", *The Scotsman* en línea, 8 de julio de 2006. En la red electrónica: <http://news.scotsman.com/scitech.cfm?id=996272006>.
- <sup>99</sup> Boletín de prensa de la NASA, "NASA Develops System to Computerize Silent, 'Subvocal' Speech", 17 de marzo de 2004. En la red electrónica: [http://www.nasa.gov/centers/ames/news/releases/2004/04\\_18AR.html](http://www.nasa.gov/centers/ames/news/releases/2004/04_18AR.html). Ver también David Armstrong, "The Silent Speaker", *Forbes* En línea, 10 de abril de 2006. En la red: [http://www.forbes.com/free\\_forbes/2006/0410/084.html](http://www.forbes.com/free_forbes/2006/0410/084.html).
- <sup>100</sup> Richard Waters, "US Group Implants Electronic Tags in Workers", *Financial Times*, 12 de febrero de 2006. En la red electrónica: <http://www.ft.com/cms/s/ec414700-9bf4-11da-8baa-0000779e2340,s01=1.html> (revisado el 4 de agosto, 2006).
- <sup>101</sup> Quinn Norton, "A Sixth Sense for a Wired World", *Wired*, 7 de junio de 2006. En la red electrónica: [http://www.wired.com/news/technology/0,71087-0.html?tw=wn\\_index\\_1](http://www.wired.com/news/technology/0,71087-0.html?tw=wn_index_1) (revisado el 4 de agosto, 2006).
- <sup>102</sup> Sam Jaffe, "Super Vision Sans Bionics", *Wired*, 8 de febrero de 2006. En la red electrónica: <http://www.wired.com/news/technology/0,70181-0.html>.
- <sup>103</sup> Chris Williams, "Canadians go Ultrasonic for Tooth Regrowth Implant", *The Register* (Reino Unido), 29 de junio de 2006. En la red electrónica: [http://www.theregister.co.uk/2006/06/29/ultrasound\\_tooth\\_implant/](http://www.theregister.co.uk/2006/06/29/ultrasound_tooth_implant/) (revisado el 4 de agosto, 2006).
- <sup>104</sup> John Boy, "Bionic Suit Offers Wearers Super-Strength", *New Scientist*, 9 de abril de 2005. En la red electrónica: <http://www.newscientist.com/article.ns?id=mg18624945.800>. Ver también el sitio electrónico de la Universidad de Tsukuba: <http://sanlab.kz.tsukuba.ac.jp/HAL/indexE.html>.
- <sup>105</sup> Ver el sitio electrónico de Berkeley Robotics and Human Engineering Lab: <http://bleex.me.berkeley.edu/bleex.htm>.
- <sup>106</sup> La frase proviene de una colección de ensayos sobre el mejoramiento humano publicada por Demos (Reino Unido): Paul Miller y James Wilsdon, eds., *Better Humans? The Politics of Human Enhancement and Life Extension*, 2006. En la red electrónica: <http://www.demos.co.uk/catalogue/betterhumanscollection#essays>
- <sup>107</sup> Jan C. Schmidt, "Unbounded Technologies: Working Through the Technological Reductionism of Nanotechnology", en D. Baird, A. Nordmann and J. Schummer (eds.), *Discovering the Nanoscale*, Amsterdam: IOS Press, 2004, pp. 45-46.
- <sup>108</sup> La Nueva Atlántida de Bacon [*New Atlantis*] está disponible en su versión en inglés en la red electrónica: <http://oregonstate.edu/instruct/phl302/texts/bacon/atlantis.html>.
- <sup>109</sup> *Ibid.*
- <sup>110</sup> *Ibid.*
- <sup>111</sup> Mihail C. Roco, "Coherence and Divergence of Megatrends in Science and Engineering", p. 80, en Roco, M., Bainbridge, W. (eds.), *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, and Cognitive Science*, National Science Foundation/Department of Commerce Report, 2002.
- <sup>112</sup> Roco, M., Bainbridge, W. (eds.), *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, and Cognitive Science*, National Science Foundation/Department of Commerce Report, 2002.
- <sup>113</sup> Ray Kurzweil, *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*, Viking Penguin, 2005, p. 212.
- <sup>114</sup> Raymond Bouchard, "Bio-Systemics Synthesis", Science and Technology Foresight Pilot Project (STFPP) Research Report # 4, junio de 2003.
- <sup>115</sup> Ver el Comunicado del Grupo ETC, "The Little BANG Theory", número # 78, marzo/abril de 2003, <http://www.etcgroup.org>.
- <sup>116</sup> Raymond Bouchard, "Bio-Systemics Synthesis", Science and Technology Foresight Pilot Project (STFPP) Research Report # 4, junio de 2003, p. 33. Respecto de la naturaleza "replicativa" de la nanotecnología, Bouchard afirma: "Los dispositivos nanoscópicos son propensos a duplicarse a sí mismos mediante el nano-ensamblaje".
- <sup>117</sup> [http://www.utoronto.ca/jcb/home/news\\_nano\\_dev\\_countries.htm](http://www.utoronto.ca/jcb/home/news_nano_dev_countries.htm)
- <sup>118</sup> Son ocho los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Ver <http://www.un.org/millenniumgoals/>. En cuanto al potencial de la nanotecnología para lograrlos, ver Calestous Juma y Lee Yee-Cheong, *Innovation: Applying Knowledge in Development*, UN Millennium Project Task Force on Science, Technology, and Innovation, 2005, pp. 69 ff. En la red electrónica: [http://bcsia.ksg.harvard.edu/BCSIA\\_content/documents/TF-Advance2.pdf](http://bcsia.ksg.harvard.edu/BCSIA_content/documents/TF-Advance2.pdf).
- <sup>119</sup> Salamanca-Buentello, F., Persad, DL, Court, EB, Martin, DK, Daar AS *et al.*, "Nanotechnology and the Developing World", *PLoS Med* 2(4): e97, 2005.
- <sup>120</sup> Boletín de prensa de Médicos sin Fronteras [Médecins Sans Frontières], "As WHO and UNAIDS Call For Global Treatment Scale-Up, MSF Asks: Where Will the Essential Drugs Come From?" 28 de marzo de 2006. En la red electrónica: <http://www.doctorswithoutborders.org/pr/2006/03-28-2006>.

- 
- <sup>121</sup> Organización Mundial de la Salud. Informe de la Comisión de Derechos de Propiedad Intelectual, Innovación y Salud Pública. *Public Health, Innovation and Intellectual Property Rights*, abril de 2006 p. 28. En la red electrónica: <http://www.who.int/intellectualproperty/documents/thereport/en/index.html>.
- <sup>122</sup> *Ibid.*
- <sup>123</sup> Nicholas de Torrenté, director ejecutivo, [Médicos sin Fronteras] Médecins Sans Frontières-EU. "Neglected Diseases: Forgotten Lives", *ALERT*, primavera de 2003, Vol. 7, núm. 1, p. 4. En la red electrónica: [http://www.doctorswithoutborders.org/publications/alert/2003/alert\\_4-2003.pdf](http://www.doctorswithoutborders.org/publications/alert/2003/alert_4-2003.pdf).
- <sup>124</sup> *Ibid.* Para consultar una actualización ver el boletín de prensa de Médicos sin Fronteras, "Governments Must Move Forward with Global R&D Framework at World Health Assembly", 19 de mayo, 2006. En la red electrónica: <http://www.doctorswithoutborders.org/pr/2006/05-19-2006.cfm>.
- <sup>125</sup> Sophie Hebden, "WHO Highlights Disease from Unhealthy Environments", *SciDev.Net*, 19 de junio de 2006. En la red electrónica: [www.scidev.net](http://www.scidev.net).
- <sup>126</sup> Annette Pruss-Ustun *et al.*, "Unsafe Water, Sanitation and Hygiene", en OMS, *Comparative Quantification of Health Risks*, Organización Mundial de la Salud, 2004. En la red electrónica: <http://www.who.int/publications/cra/chapters/volume2/1321-1352.pdf>. Ver también: Poverty-Environment Partnership, *Linking Poverty Reduction and Water Management*. En la red electrónica: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/resources/povertyreduc2.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/resources/povertyreduc2.pdf).
- <sup>127</sup> Organización Mundial de la Salud, Informe de la Comisión de Derechos de Propiedad Intelectual, Innovación y Salud Pública, *Public Health, Innovation and Intellectual Property Rights*, abril de 2006 p. 28. En la red electrónica: <http://www.who.int/intellectualproperty/documents/thereport/en/index.html>.
- <sup>128</sup> Malaria R&D Alliance, *Malaria Research and Development: An Assessment of Global Investment*, PATH, 2006. En la red electrónica: [http://www.malariaalliance.org/PDFs/RD\\_Report\\_complete.pdf](http://www.malariaalliance.org/PDFs/RD_Report_complete.pdf).
- <sup>129</sup> Si se busca más contexto véase Marcia Angell, *The Truth About the Drug Companies: How They Deceive Us and What to Do About It*, Random House, 2004.
- <sup>130</sup> *Ibid.*
- <sup>131</sup> Comunicado del Grupo ETC, "Oligopoly, Inc." noviembre/diciembre de 2005. En la red electrónica: [www.etcgroup.org](http://www.etcgroup.org).
- <sup>132</sup> Marcia Angell, *The Truth About the Drug Companies: How They Deceive Us and What to Do About It*, Nueva York: Random House, 2004, pp. 16-17.
- <sup>133</sup> Marc Kaufman, "Drug Firms' Deals Allowing Exclusivity: Makers of Generics Being Paid to Drop Patent Challenges, FTC Review Finds", *Washington Post*, 25 de abril de 2006.
- <sup>134</sup> Marcia Angell, *The Truth About the Drug Companies: How They Deceive Us and What to Do About It*, Nueva York: Random House, 2004, pp. 119-122.
- <sup>135</sup> Citado en R. Ramachandran, "Token Gesture for Nanoscience", *Frontline Online*, Vol. 23, Núm. 13, julio 1- 14, 2006. En la red electrónica: <http://www.flonnet.com/stories/20060714003911300.htm> (revisado el 8 de julio, 2006).
- <sup>136</sup> Para profundizar en el contexto ver Organización Mundial de la Salud. Informe de la Comisión sobre Derechos de Propiedad Intelectual, Innovación y Salud Pública, *Public Health, Innovation and Intellectual Property Rights*, abril de 2006. En la red electrónica: <http://www.who.int/intellectualproperty/documents/thereport/en/index.html>.
- <sup>137</sup> Anand Giridharadas, "US Pushes to Limit Generic- Drug Rights in Trade Pacts", *International Herald Tribune*, 19 de abril, 2006.
- <sup>138</sup> *Ibid.*
- <sup>139</sup> NanoMarkets, "White Paper: Nano-Enabled Drug Delivery Systems Market", diciembre de 2004, pp. 6-7.
- <sup>140</sup> Jennifer Kahn, "A Nation of Guinea Pigs", *Wired*, marzo de 2006. En la red electrónica: <http://www.wired.com>.
- <sup>141</sup> BBC News, "Drug Trials Outsourced to India", 22 de abril de, 2006. En la red electrónica: [http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/south\\_asia/4932188.stm](http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/south_asia/4932188.stm).
- <sup>142</sup> Bette Hileman, "Regulatory Trends", *Chemical & Engineering News*, 19 de junio, 2006, p. 95.
- <sup>143</sup> 2006 *Nanomedicine, Device and Diagnostic Report*, un informe del editor de *NanoBiotech News*, 2006, p. 3.
- <sup>144</sup> [http://www.who.int/medicines/services/essmedicines\\_def/en/](http://www.who.int/medicines/services/essmedicines_def/en/)
- <sup>145</sup> Richard Laing, *et al.*, "25 Years of the WHO Essential Medicines List: Progress and Challenges", *The Lancet*, Vol. 361, 17 de mayo de 2003.
- <sup>146</sup> La descripción de las medicinas esenciales de la OMS está disponible en la red electrónica: [http://www.who.int/topics/essential\\_medicines/en/](http://www.who.int/topics/essential_medicines/en/).
- <sup>147</sup> OMS, *The World Medicines Situation*, 2004, p. 61. En la red electrónica: <http://www.who.int/publications/en/>. Los datos colectados en este informe provienen del *World Medicine Survey*, 1999 y *World Drug Situation*, 1988, de la OMS. Disponibles en: <http://www.who.int/publications/en/>.
- <sup>148</sup> *Ibid.*
- <sup>149</sup> OMS, *Public Health, Innovation and Intellectual Property Rights*, Informe de la Comisión sobre Derechos de propiedad Intelectual, Innovación y Salud Pública, abril de 2006, p. 16. En la red electrónica: <http://www.who.int/intellectualproperty/documents/thereport/CIPiHReport23032006.pdf>.
- <sup>150</sup> Heemskerck, W., Schallig, HDFH, Steenhuijsen Piters, de, B., *The World of Artemisia in 44 Questions* Amsterdam, Royal Tropical Institute, The Netherlands, marzo de 2006. En la red electrónica: [http://www.kit.nl/frameset.asp?/specials/html/ma\\_publications.asp&frnr=1&](http://www.kit.nl/frameset.asp?/specials/html/ma_publications.asp&frnr=1&).

- 
- <sup>151</sup> <http://www.lbl.gov/Science-Articles/Archive/sb-PBDanti-malarial.html>
- <sup>152</sup> Dae-Kyun Ro *et al.*, "Production of the Antimalarial Drug Precursor Artemisinic Acid in Engineered Yeast", *Nature*, 440, pp. 940-943 (13 de abril de 2006).
- <sup>153</sup> Robert Sanders, "Milestone in Quest for Cheap Antimalarial," *UC Berkeley News*, 12 de abril de 2006. En la red electrónica: [http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2006/04/12\\_malaria.shtml](http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2006/04/12_malaria.shtml).
- <sup>154</sup> <http://www.artemisininproject.org/Partners/amyris.htm>.
- <sup>155</sup> Ver por ejemplo, "Global Campaign for Microbicides", [www.global-campaign.org](http://www.global-campaign.org).
- <sup>156</sup> Visite el sitio electrónico de Starpharma: <http://www.starpharma.com/framemaster.htm>.
- <sup>157</sup> Boletín de prensa de Starpharma, "VivaGel is a Potent Contraceptive in Animal Model", 14 de junio de 2006.
- <sup>158</sup> "VivaGel Could Cure Starpharma's Stock", *Forbes/Wolfe Nanotech Report*, Vol. 5, núm., 6 de junio de 2006, pp. 1-2.
- <sup>159</sup> *Ibid.*
- <sup>160</sup> Catherine Brahic, "Studies Disagree on Safety of Lemon Juice Against HIV", 12 de abril de 2006, *SciDev.net*. En la red electrónica: <http://www.scidev.net/News/index.cfm?fuseaction=readNews&itemid=2780&language=1>.
- <sup>161</sup> Ver el sitio electrónico del Fondo Poblacional de Naciones Unidas: [http://www.unfpa.org/swp/2005/english/ch4/chap4\\_page2.htm](http://www.unfpa.org/swp/2005/english/ch4/chap4_page2.htm).
- <sup>162</sup> Jon Cohen, "The New World of Global Health", *Science*, Vol. 311, 13 de enero de 2006, p. 162.
- <sup>163</sup> *Ibid.*
- <sup>164</sup> Timothy L. O'Brien and Stephanie Saul, "Buffett to Give Bulk of Fortune to Gates Charity", *New York Times*, 26 de junio de 2006.
- <sup>165</sup> "The Business of Giving", *The Economist*, 23 de febrero de 2006.
- <sup>166</sup> Jon Cohen, "The New World of Global Health", *Science*, *op.cit.* p. 167.
- <sup>167</sup> *Ibid.*
- <sup>168</sup> Eldis recibe financiamiento de Sida, NORAD, DFID and SDC, y es parte de una familia de servicios proporcionados por el Instituto de Estudios de desarrollo [Institute of Development Studies], en Sussex. Ver: <http://www.eldis.org/hiv aids/new/prevention/microbicides.htm>.
- <sup>169</sup> Ver la discusión en torno al Nonoxynol-9 (N9): <http://www.eldis.org/hiv aids/new/prevention/microbicides.htm>. Ver también, Phillips, David M., Kristin M. Sudol, Clark L. Taylor, Laura Guichard, Robert Elsen, and Robin A. Maguire. "Lubricants Containing N-9 may Enhance Rectal Transmission of HIV and other STIs", *Contraception*, 70(2): 107-110.
- <sup>170</sup> <http://www.starpharma.com/framemaster.htm>
- <sup>171</sup> The Global Fund, "The Status and Impact of the Three Diseases: HIV/AIDS", p. 3.
- <sup>172</sup> Jon Cohen, "The New World of Global Health", *Science*, Vol. 311, 13 de enero de 2006, p. 167.
- <sup>173</sup> Bette Hileman, "Malaria Control", *Chemical & Engineering News*, 24 de julio de 2006, p. 30.
- <sup>174</sup> The Global Fund, "The Status and Impact of the Three Diseases: Tuberculosis", p. 2.
- <sup>175</sup> La Fundación Gates estableció Grand Challenges in Global Health Initiative en 2003 y ahora incluye como socios a The Wellcome Trust, los institutos canadienses de investigación en salud y la fundación para los institutos nacionales de salud estadounidenses [Foundation for the National Institutes of Health]. En junio de 2005, la Iniciativa concedió 43 donaciones que suman \$436.6 millones para responder a 14 retos globales de salud Ver: <http://www.gcgh.org>.
- <sup>176</sup> No pudo encontrarse en el sitio electrónico del programa Roll Back Malaria la información financiera pertinente, ver: <http://www.rbm.who.int/index.html>. Los montos aproximados de financiamiento provienen de Human Development Report Office, "Fund Profiles: Global Fund, GAVI, Fast Track Initiative, and Roll Back Malaria", Development Initiatives Occasional Paper, 2005, p. 6.
- <sup>177</sup> Editorial, "Roll Back Malaria: a Failing Global Health Campaign", *BMJ* 328:1086-1087 (8 May 2004). En la red electrónica: <http://bmj.bmjournals.com/cgi/content/full/328/7448/1086> (revisado el 30 de julio de 2006).
- <sup>178</sup> Celia W. Dugger, "Push for New Tactics as War on Malaria Falts", *New York Times*, 28 de junio de 2006.
- <sup>179</sup> Jon Cohen, "The New World of Global Health", *Science*, Vol. 311, 13 de enero de 2006.
- <sup>180</sup> National Cancer Institute, NCI Alliance for Nanotechnology in Cancer-Monthly Feature, "Nanotechnology Driving Big Advances in Cancer Imaging", abril de 2006.
- <sup>181</sup> *Nova* entrevista a Naomi Halas, "Working with Nanoshells: A conversation with Naomi Halas", Entrevista efectuada el 3 de febrero de 2005. En la red electrónica: <http://www.pbs.org/wgbh/nova/sciencenow/3209/03-nanoshells.html>.
- <sup>182</sup> Boletín de prensa de Nanospectra, "Nanospectra Biosciences Receives Additional \$500,000 NSF Cancer Grant: SBIR Phase II Grant Funds Continued Development of Cancer Therapy", 10 de febrero de 2006. En la red electrónica: <http://www.nanospectra.com/News.htm> (revisado el 20 de junio de 2006).
- <sup>183</sup> *Ibid.*
- <sup>184</sup> *Ibid.*
- <sup>185</sup> *Nova* entrevista a Naomi Halas, "Working with Nanoshells: A Conversation with Naomi Halas", *op.cit.*
- <sup>186</sup> La luz cercana al infrarrojo es un tipo de luz infrarroja que es la más cercana a la longitud de onda de la luz visible. Literalmente, infrarrojo significa por debajo del rojo, dado que el rojo tiene la longitud de onda más larga del espectro de la luz visible. Puede



- 
- hallarse una descripción de las técnicas relacionadas con la luz cercana al infrarrojo en National Research Council (Canada), "Near Infrared Imaging (NIR) Spectroscopy", junio de 2005. En la red electrónica: [http://www.nrc-cnrc.gc.ca/highlights/2005/0506nir\\_spectroscopy\\_e.html](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/highlights/2005/0506nir_spectroscopy_e.html) (revisado el 20 de junio de 2006).
- <sup>187</sup> Nova entrevista a Naomi Halas, "Working with Nanoshells: A Conversation with Naomi Halas", *op.cit.*
- <sup>188</sup> <http://www.nanospectra.com/Aurolase.htm> (revisado el 20 de junio de 2006)
- <sup>189</sup> Bethany Halford, "A Silver Bullet for Infections?" *Chemical and Engineering News*, 17 de abril de 2006, p. 35-36. En la red electrónica: <http://pubs.acs.org/cen/science/84/8416sci1c.html>.
- <sup>190</sup> *Ibid.*
- <sup>191</sup> Sitio electrónico de Smith & Nephew. FAQ about Acticoat. En la red electrónica: <http://wound.smith-nephew.com/uk/node.asp?NodeId=2817>.
- <sup>192</sup> David Tobler y Lenna Warner, "Nanotech Silver Fights Microbes in Medical Devices", *Medical Device & Diagnostic Industry*, mayo de 2005. En la red electrónica: <http://www.devicelink.com/mddi/archive/05/05/029.html>.
- <sup>193</sup> Bethany Halford, "A Silver Bullet for Infections?" *Chemical and Engineering News*, 17 de abril de 2006, pp. 35-36. En la red electrónica: <http://pubs.acs.org/cen/science/84/8416sci1c.html>.
- <sup>194</sup> 2020: A New Vision, A Future for Regenerative Medicine. US Department of Health and Human Services, 2005, p. 1. En la red electrónica: [http://tengion.com/library/a\\_new\\_vision.pdf](http://tengion.com/library/a_new_vision.pdf).
- <sup>195</sup> Mark T. Sampson, "'Self-cleaning' Suits May Be in Your Future", *EurekAlert*, 22 de noviembre de 2004. En la red electrónica: [http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2004-11/acssm111904.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2004-11/acssm111904.php) (revisado el 18 de agosto de 2006).
- <sup>196</sup> Rhonda L. Rundle, "This War Against Germs Has a Silver Lining", *Wall Street Journal*, 6 de junio de 2006,
- <sup>197</sup> *Ibid.*
- <sup>198</sup> Ver DR. Larson *et al.*, *Science*, 2003, 300: 1434-1436.
- <sup>199</sup> Ron Hardman, "A Toxicologic Review of Quantum Dots: Toxicity Depends on Physicochemical and Environmental Factors", *Environmental Health Perspectives*, Vol. 114, núm. 2, febrero de 2006.
- <sup>200</sup> *Ibid.*, p. 167.
- <sup>201</sup> *Ibid.*
- <sup>202</sup> National Cancer Institute, NCI Alliance for Nanotechnology, *Nanotech News*, 5 de junio de 2006.
- <sup>203</sup> Kevin Bullis, "Sensitive Nano Test for Heart Attack, Alzheimer's", *Technology Review*, 31 de mayo de 2006. En la red electrónica: [www.techreview.com](http://www.techreview.com).
- <sup>204</sup> Sarah Goforth, "The Tiniest Test Kits: A Medical Future for Carbon Nanotubes", National Science Foundation. En la red electrónica: [http://www.nsf.gov/discoveries/disc\\_summ.jsp?cntn\\_id=103060&org=NSF](http://www.nsf.gov/discoveries/disc_summ.jsp?cntn_id=103060&org=NSF).
- <sup>205</sup> *Ibid.*
- <sup>206</sup> *Ibid.*
- <sup>207</sup> Entre las compañías nanotecnológicas que desarrollan colágeno nano-estructurado para la ingeniería de tejidos está NanoMatrix Inc., <http://www.nanomatrix.biz/> and Zyvex, [http://www.zyvex.com/Products/CFMC\\_001a.html](http://www.zyvex.com/Products/CFMC_001a.html).
- <sup>208</sup> NCI Alliance for Nanotechnology in Cancer, *Nanotech News*, "Nanostructured Scaffold Growing New Bladder Tissue", 1 de agosto de 2005. En la red electrónica: [www.cancer.gov](http://www.cancer.gov).
- <sup>209</sup> Rick Weiss, "First Bladders Grown in Lab Transplanted", *Washington Post*, 6 de abril de 2006.
- <sup>210</sup> *Ibid.*
- <sup>211</sup> Ray Kurzweil, "Reprogramming Biology", *Scientific American*, julio de 2006.
- <sup>212</sup> Anónimo, "Nanocoated Bioactive Bone Graft Materials Developers are Looking for Collaborators", 19 de junio de 2006. <http://www.azonano.com/news.asp?newsID=2469>.
- <sup>213</sup> Organización Mundial de la Salud, Informe de la Comisión sobre Derechos de Propiedad Intelectual, Innovación y Salud Pública, *Public Health, Innovation and Intellectual Property Rights*, abril de 2006. En la red electrónica: <http://www.who.int/intellectualproperty/documents/thereport/en/index.html>.
- <sup>214</sup> *Ibid.*, p. 204.
- <sup>215</sup> Para obtener información de contexto ver: <http://www.nanoandthepoor.org/>.