

## ***Noticias de la nanotecnología a todo color: actualización sobre libros blancos, alertas rojas, plaga verde, plaga gris (y pretextos)***

**Asunto:** A diferencia de hace un año, hoy se discuten abiertamente en Europa y Norteamérica los riesgos potenciales de las nanotecnologías. Ahora los gobiernos en ambos lados del Atlántico aceptan con reservas que las actuales medidas de seguridad y de protección a la salud no son adecuadas para hacer frente a las exigencias especiales de los materiales de nano escala. Hablan de la necesidad de ser pro activos, pero no admiten que están atrasados por los menos una década: los productos derivados de la nanotecnología se pueden adquirir en el mercado y los consumidores, tanto como los trabajadores que los fabrican, están cotidianamente expuestos a nano partículas que pudieran resultar muy nocivas. Sin embargo, aunque los gobiernos y la industria aceptan que necesitan regular la producción de nano partículas, insisten en que las fases más avanzadas de la nanotecnología, como la convergencia de nano y biotecnología, están muy lejos como para tomarse en cuenta. Se equivocan.

**Impacto:** Si bien hay muy pocos estudios toxicológicos sobre las nano partículas, las alertas rojas no son tan pocas y aparecen por todos lados. La segunda compañía re aseguradora más grande del mundo, Swiss Re, advierte que los riesgos desconocidos asociados con la nano toxicidad o la nano contaminación podrían hacer que las empresas de nanotecnología fueran imposibles de asegurar. Los gobiernos que están gastando millones de dólares de los contribuyentes en investigación sobre nanotecnología ¿asumirán una postura regulatoria rigurosa o simplemente adaptarán las reglas existentes y propondrán a la industria que se auto regule de manera voluntaria? ¿Cuándo abordarán seriamente las enormes preocupaciones relacionadas con los impactos sociales y económicos de las nanotecnologías?

**Intereses financieros:** La predicción frecuentemente citada del gobierno de Estados Unidos de que la nano tecnología generará un billón de dólares en productos en todo el mundo para el año 2015 ya ha sido rebasada. Los expertos en nanotecnología aseguran que el billón de dólares se alcanzará para el 2011.

**Política:** La sociedad no está lista para la sacudida tecnológica y económica que traerán las tecnologías de nano escala. Los gobiernos se equivocan gravemente al enfocarse en un horizonte de entre tres y cinco años para regularlas. Hay una enorme cantidad de dinero público y privado involucrada y el paso de los acontecimientos científicos es muy acelerado. Se necesitan más reglas. La sociedad debe comprometerse a discutir las implicaciones de las nanotecnologías en debates abiertos, informados, en los niveles local, nacional e internacional. En vez de reaccionar a una ola tecnológica tras otra, la comunidad internacional debe crear un organismo dedicado a monitorear, evaluar y aceptar o rechazar las nuevas tecnologías y sus productos mediante una Convención Internacional para la Evaluación de Nuevas Tecnologías (ICENT).

**Introducción:** Aunque ya están en el mercado cientos de productos derivados de la nanotecnología y cientos más están a punto de salir, no existen en ninguna parte del mundo normas que se refieran explícitamente a éstos. Recientemente los gobiernos en Estados Unidos y Europa reconocieron con muchas reservas que las regulaciones actuales para la seguridad y la salud tal vez no sean adecuadas para enfrentar las exigencias especiales de los materiales de nano escala. Es muy frecuente encontrar en los productos o materiales derivados de la nanotecnología sustancias que han sido bien estudiadas y controladas en escalas más grandes, pero que no han sido analizadas de manera similar en la nanoescala.

#### **NANOTECNOLOGIA 101:**

Para una introducción a las tecnologías de nano escala y el análisis de sus implicaciones, vea *La inmensidad de lo mínimo, de los genomas a los átomos: tecnologías que convergen en la nano escala*.

<http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=396>

Para una introducción a la toxicidad de las nano partículas, vea "No es poca cosa", <http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=357> y el documento "¡El tamaño sí importa!", donde encontrará un análisis más detallado y una lista de productos que contienen nano partículas.

<http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=403>

Para una lista de los hallazgos científicos más preocupantes relacionados con las tecnologías de nano escala, vea 'Diez advertencias tóxicas' en "Las aguas turbulentas de la nanotecnología", <http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=449>

Para un breve análisis de la forma en que los gobiernos están aludiendo la nanotecnología, vea "Reunión sigilosa de 26 gobiernos sobre nanotecnología"

<http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=467>

**Todos los documentos del Grupo ETC están en nuestro sitio web: [www.etcgroup.org](http://www.etcgroup.org)**

Y es que una reducción en puede hacer que la misma sustancia sea más fuerte, o más reactiva, o más ligera, o más soluble en agua, o más resistente al calor, o mejor conductora de la electricidad. Los cambios en las propiedades comienzan a hacerse evidentes cuando los materiales miden 100 nanómetros o menos (un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro). Son estos

"efectos cuánticos" los que hacen que los materiales de nano escala sean tan interesantes para los científicos y para la industria, quien está tomando ventaja de los cambios en las propiedades de las sustancias para crear nuevos productos y nuevos mercados. No debe sorprender que la toxicidad sea otra propiedad que puede cambiar con la reducción en el tamaño: un compuesto químico en la micro escala —por ejemplo el dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>)— puede ser inocuo, mientras que en la nano escala el mismo dióxido podría ser tóxico.

Según los pocos datos toxicológicos que existen, el tamaño de una nano partícula, su forma, superficie y composición química, pueden contribuir a cambiar su nivel de toxicidad. Las nano partículas se venden sin requerimientos de etiquetado ni pruebas de toxicidad. Y el método usual para controlar las sustancias tóxicas —basado en umbrales calculados según el peso o el porcentaje sobre el peso— no sirve, porque al parecer la toxicidad de los nano materiales depende de las propiedades más que de la masa.<sup>1</sup> John Howard, director del National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, el instituto nacional para la seguridad y la salud en el empleo), reconoce: "tal vez por primera vez en la historia necesitamos entender las propiedades cuánticas de los materiales a los cuales la gente está siendo expuesta."<sup>2</sup>

#### **El paisaje desierto de las regulaciones sobre nanotecnología**

Los gobiernos parecen haber comenzado a considerar la idea de establecer regulaciones, pero en un futuro distante. Irónicamente, los gobiernos y la industria están se están presentando como muy pro activos, cuando el momento de serlo ya quedó muy atrás. Los legisladores en Estados Unidos, preocupados por no obstaculizar el desarrollo comercial, están promoviendo más investigación y estudios antes de que el Congreso o las agencias federales tomen parte.<sup>3</sup> John Marburger, el consultor científico más importante de la Casa Blanca, expresó recientemente su satisfacción con el *status quo*, diciendo que considera que las agencias del gobierno "están haciendo lo apropiado dadas las indicaciones que tenemos acerca de los peligros o la seguridad de estas cosas."<sup>4</sup>

En el Reino Unido, la Royal Academy of Engineering de la Royal Society está colaborando

con la instancia encargada de la salud y la seguridad de ese país en la preparación de un reporte sobre los riesgos de la nanotecnología, incluyendo la nano toxicidad, y “hará recomendaciones para posteriores estructuras regulatorias que se necesiten.”<sup>5</sup> La Royal Society espera completar su reporte en los próximos meses.

### Advertencias tempranas, atención tardía

Advert. temprana	Problema	Atención tardía	Años de retraso en la acción
1602	Tabaco <sup>6</sup>	1970s	>370
Principios de 1700s	Cafeína <sup>7</sup>	?	?
1866	Reservas de peces	1970s	100
1896	Radiación	1928	32
1897	Benzeno	1977	80
1898	Asbestos	1931	33
1899	PBCs <sup>8</sup>	1972	73
1907	CFCs	1977	70
1938	Cambio climático <sup>9</sup>	1997	59
1938	DES	1971	33
1945	Antibióticos	>1970	>25
1952	Lluvia ácida	1979	27
1954	MTBE	2000	46
1962	DDT	1969	7
1970	TBT	1982	12
1970	HGH	1982	12
>1970	BSE	1996	>20
1980	Flujo genético de OGMs	2003 (Protocolo Bioseguridad)	23
2002	Nano-partículas	>2004	?

Fuente: Adaptado de *Late Lessons from Early Warnings: The Precautionary Principle 1896-2000*, Environmental Issues Report, EEA, 2001, con ejemplos adicionales del Grupo ETC.

La oficina de evaluación de tecnología en el German Bundestag también está monitoreando la nanotecnología y reportó el año pasado que la investigación de impactos potenciales en el ambiente y la salud es “insatisfactoria”, que la investigación sobre los impactos sociales y éticos “debe iniciarse ahora”, que se necesita información amplia y accesible para el público en general y que “muy pronto tendrán que tomarse decisiones políticas sobre regulaciones específicas.”<sup>10</sup> En Canadá, un grupo de

trabajo de varias agencias se reunió ya dos veces para discutir la regulación sobre nanotecnología. En Washington, el 17 y 18 de junio se reunieron representantes de 26 países para dialogar por primera vez en la historia sobre el “desarrollo e investigación responsable en nanotecnología”.<sup>11</sup>

A pesar de que cada vez hay más presión para regular la nanotecnología, y cada vez está más probada por medios científicos la toxicidad de las nano partículas, la industria no deja de sacar productos al mercado. La historia demuestra que los gobiernos siempre retrasan su acción décadas después de que aparece la evidencia científica del daño. El recuadro a la izquierda ilustra el patrón de las advertencias tempranas y el retraso en darles respuesta.

Un documento no oficial de la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos (EPA) enlista más de 100 productos comerciales derivados de nanotecnologías que ya están en el mercado o estarán muy pronto, con un rango de usos muy amplio: textiles resistentes a las manchas para confeccionar ropa del diario y de cama; cosméticos y bloqueadores de sol, pelotas y raquetas de tenis, calcetines que neutralizan los olores, telas con liberación de perfumes, pinturas, cápsulas con hemoglobina (en investigación); sensores para detectar la impureza del agua, vitaminas en aerosol, purificadores de agua con nano partículas, cera para esquíes, torretas para Humvee, papel de larga duración, nano tubos para pantallas planas, cristales líquidos en cápsulas de silicón para usarse en pantallas de televisión, diversos sistemas de suministro de medicamentos, artefactos de memoria ultra rápida, agentes para diagnóstico usados en escáneres MRI.

### Libros blancos

En mayo pasado se publicaron en Europa tres documentos relacionados con las regulaciones en torno a la nanotecnología, dos de la Comisión Europea en Bruselas y uno de una compañía aseguradora en Suiza, que coinciden en presentar un panorama oscuro, contradictorio, a veces inteligentemente enfocado o en el mejor de los casos, fantasioso.

**En primer lugar**, la comisión de la Unión Europea encargada de proteger la salud de los consumidores (European Commission’s Health and Consumer

Protection Directorate-General) publicó un reporte basado en un seminario sobre identificación de riesgos llevado a cabo en marzo de este año, “Mapping out Nano Risks,” donde diecisiete expertos, incluyendo toxicólogos, filósofos y científicos ambientales convocaron a “analizar las implicaciones de las ‘tecnologías de lo pequeño’ para la salud pública, humana, la seguridad en el trabajo y en ambiente.”<sup>12</sup> Los expertos reconocieron que las nanotecnologías ya están por doquier en el mercado y se enfocaron a sus posibles impactos dentro de los próximos 3 a 5 años, limitando su discusión a los riesgos asociados con las nano partículas. Si bien se trata de un enfoque muy limitado, al menos su visión de corto plazo es más sensata: advirtieron que “algunas nano partículas son motivo de serias preocupaciones”, y que “sus efectos adversos no pueden predecirse o derivarse de la toxicidad del material que ya se conoce en versión macro.”<sup>13</sup> Los expertos recomendaron “reducir al mínimo la producción y liberación involuntaria de nano partículas.”<sup>14</sup>

Las recomendaciones políticas son todavía más equívocas. Aconsejan “usar al máximo la legislación existente”, pero indican que si después de examinarla resulta inadecuada, debe revisarse.<sup>15</sup> El reporte sugiere “tomar una actitud proactiva”, lo cual es poco realista y tal vez hipócrita, puesto que a lo largo del documento se reconoce que “las nanotecnologías ya entraron en el mercado y su naturaleza ubicua y horizontal las vuelve difíciles de controlar.”<sup>16</sup>

“Los estudios toxicológicos de los nano materiales pueden contarse con los dedos de una mano y faltan muchos años para que contemos con evaluaciones de riesgos más amplias y profundas.” – **Vicki Colvin**, Marzo de 2004<sup>17</sup>

**En segundo lugar** la Comisión Europea publicó en Bruselas un libro blanco, *Hacia una estrategia europea para la nanotecnología*, que parece haber sido escrito sin saber nada de los tiempos que vivimos.<sup>18</sup> En éste, la Comisión convoca a los estados miembro a “promover que siempre haya evaluación de riesgos para la salud humana, el ambiente, los consumidores y los trabajadores en todas las etapas del ciclo de vida de la tecnología (incluyendo concepción, investigación y desarrollo, manufactura, distribución, uso y manejo de

desechos)” —una propuesta responsable si se hubiera hecho hace una década.<sup>19</sup> El reporte llama a triplicar la inversión que se hace en nanotecnología para que la industria europea “produzca bienes y servicios generadores de riqueza.”<sup>20</sup>

**En tercer lugar**, si la Comisión Europea fuera congruente con su deseo de “crear un ambiente favorable para la innovación en nanotecnología”,<sup>21</sup> debería haber tomado en cuenta tercer estudio, publicado a principios de la misma semana, de la segunda compañía re aseguradora del mundo, Swiss Re. El reporte de Swiss Re, *Nanotechnology: Small Matter, many unknowns*, hace una fuerte recomendación para que “se aplique el principio de precaución cualesquiera que sean las dificultades” y aconseja no evitar “gastos razonables en aclarar las incertidumbres actuales asociadas con los riesgos de la nanotecnología.”<sup>22</sup> Si bien no sorprende que una compañía aseguradora exprese descontento con la incertidumbre científica en torno a los riesgos de la nanotecnología (que podrían transformarse en responsabilidad legal), la desconexión entre las relajadas propuestas de la Comisión Europea<sup>23</sup> y el tono de urgencia de Swiss Re es sorprendente. Irónicamente, la Comisión no consideró la confianza de las aseguradoras como un componente necesario para un ambiente comercial “favorable”. ¿Quién desarrollará los nano productos si las compañías aseguradoras no quieren proteger a los fabricantes contra responsabilidad legal?

También mayo del 2004 fue un mes cargado con discusiones sobre nanotecnología en el otro lado del Atlántico: John Howard, director del instituto nacional encargado de la seguridad y la salud en el empleo de Estados Unidos, US National Institute for Occupational Safety & Health (NIOSH), anunció que está preparando un documento sobre “mejores prácticas” para trabajar con nano materiales.<sup>24</sup> (El Grupo ETC convocó a “mejores prácticas” desde enero de 2003):

“Se conoce muy poco acerca de lo peligrosos que son los nano materiales o cómo debemos proteger a los trabajadores en los países que los manufacturan. La investigación en los últimos años demuestra que las nano partículas son más tóxicas que las partículas más grandes en cantidades masivas. La combinación de tamaño de la partícula, estructuras nunca antes conocidas y propiedades igualmente nuevas,

sugiere que debe tenerse enorme cuidado para asegurar la protección adecuada de los trabajadores cuando se estén fabricando y usando nano materiales.<sup>25</sup>

El NIOSH calcula que en la próxima década se habrá en Estados Unidos un millón de trabajadores empleados en industrias relacionadas con la nanotecnología.<sup>26</sup>

“Los materiales y objetos que se desarrollan ahora están tan lejos de nuestro entendimiento que no podemos asegurar la protección de los trabajadores con lo que ya sabemos.” **John Howard**, Director del NIOSH<sup>27</sup>

El Instituto de Medicina de Estados Unidos (que pertenece a la Academia Nacional de Ciencias)<sup>28</sup>, organizó una mesa redonda para discutir la incertidumbre científica asociada con los nano materiales y la necesidad de educar y comunicarse con la gente para evitar el rechazo a la nanotecnología. Muchos de los mismos temas que se discutieron en Washington se tocaron en la reunión del Health and Consumer Protection Directorate en Bruselas: la escasez de información sobre la toxicidad de las nano partículas, la incapacidad para predecir la toxicidad de los nano materiales a partir del comportamiento de los macro materiales, y la necesidad de nuevas estrategias de evaluación de riesgos. Y también apareció esa falta de conciencia sobre la rapidez de los nano desarrollos: Vicky Colvin, directora del Center for Biological and Environmental Nanotechnology de la Universidad de Rice (CBEN), piensa que “estamos en un tiempo óptimo para estudiar esos problemas. Estamos ante el nacimiento de un nuevo mercado. Podemos darle forma a esta área mientras va creciendo.” Andrew Maynard, del NIOSH, concuerda con Colvin pero optó por una metáfora diferente: “El tren aún no sale de la estación. Tenemos la oportunidad de trabajar hombro con hombro con la gente de la industria para asegurar que las regulaciones y las políticas que se elaboren permitan al público obtener los máximos beneficios de la nanotecnología.” En realidad, los reguladores ya perdieron tanto el tren como el parto. Es hora de reconocer que la nanotecnología está aproximándose a una crisis de edad y que las preocupaciones ambientales, de seguridad y sociales demandan acción inmediata.

La Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos (EPA) y la Administración para la Salud y la Seguridad en el Empleo hacen enormes esfuerzos por clasificar los nano materiales de manera estándar. Quieren un sistema de nombres que pueda indicar la estructura química de la molécula y su comportamiento.<sup>29</sup> El problema, según Kristin Kulinowsky del CBEN de la Universidad de Rice, es “¿Cómo es posible nombrar materiales química y atómicamente idénticos a estructuras mayores pero que claramente tienen un nivel de actividad diferente?”<sup>30</sup> Si no se determina antes qué características contribuyen a la “actividad” –tal como la superficie química y el tamaño de la partícula, la utilidad de esa taxonomía sería muy cuestionable. Si, por ejemplo, resulta que la estructura química contribuye en mayor medida a la toxicidad, una taxonomía que se enfoque en el tamaño de las partículas será poco útil. La EPA inició un proyecto de investigación de 4 millones de dólares que estudiará los nano materiales, enfocándose en el impacto que tendrán en el ambiente y en la salud humana.

Bajo los auspicios de la Iniciativa Nacional para la Nanotecnología (NNI), un grupo de trabajo de varias agencias está ayudando a coordinar la investigación sobre salud, seguridad y asuntos ambientales, y otro grupo trabaja en la futura regulación de los nano materiales. Según Clayton Teague, director de la Coordinación Nacional de Nanotecnología, más del 11% del financiamiento anual de la NNI (961 millones de dólares) se destina a los esfuerzos que hacen las agencias de la federación en investigación básica de las interacciones entre nanotecnologías, el ambiente y el cuerpo humano.<sup>31</sup> Puesto que las “aplicaciones” y las “implicaciones” están revueltas en ese 11%, es difícil saber cuánto de ese dinero se dedica a determinar los riesgos y la toxicidad y cuánto se dedica al desarrollo de productos para usarse en el mejoramiento del ambiente o en medicina. Desarrollar productos comerciales al tiempo que se determinan los impactos en la salud humana son objetivos que sólo pueden combinarse en un contexto de regulación ambiental responsable. Dada la ausencia actual de un panorama regulatorio, la figura del 11% no nos tranquiliza en lo absoluto.

El Programa Nacional de Toxicología del Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental, (NIEHS) inició en el año fiscal 2004 un proyecto de tres

millones de dólares para examinar el potencial carcinogénico que mediante la inhalación pueden tener los “quantum dots”<sup>32</sup>, el dióxido de titanio y los nano tubos de carbono. Se eligieron éstos por tratarse de nano materiales muy prometedores por su amplio uso comercial, incluso para aplicaciones dentro del cuerpo humano. Urge mucho la información que arrojen esos estudios, especialmente porque las tres nano sustancias ya se venden en el mercado. John Bucher, director del Instituto Federal de Toxicología del NIEHS, aseguró que los estudios brindarán resultados provisionales para el próximo año aunque tarden muchos años más en completarse.

### **Alertas rojas: ¿más advertencias tóxicas?**

A principios de abril del 2004, el Grupo ETC informó sobre un nuevo estudio que revela que las moléculas conocidas como “bucky balls” (nano esferas de carbono) causan daño cerebral a los peces. (Consulte “Las aguas turbulentas de la nanotecnología” en [www.etcgroup.org](http://www.etcgroup.org)). También publicamos una lista de las alertas más grandes y más rojas sobre el tema de la seguridad de las nano partículas, “Diez advertencias tóxicas”, con información científica de los últimos dos años. Poco después, apareció una onceava advertencia: durante la reunión anual de la American Chemical Society a fines de marzo, Mark Wiesner del CBEN de la Universidad de Rice, presentó resultados preliminares que indican que las diferentes nano partículas no fluyen siempre igual en el agua.<sup>33</sup> Algunas son más móviles que otras, y algunas tienden a aglomerarse antes de ir muy lejos. Esto sugiere que será difícil predecir cómo se comportan las nano partículas en los mantos freáticos o en las plantas de tratamiento de aguas, y evidencia que las generalizaciones no se pueden sostener. Es decir, los nano materiales tendrán que ser estudiados caso por caso y no como clases de materiales. Los resultados de Wiesner podrían desinflar las expectativas de algunos entusiastas que exploran las posibilidades de las nano partículas para limpiar la contaminación de los mantos freáticos.

**Pretextos: ¿murió el ogro?** El número de agosto de 2004 de *Nanotechnonlogy* presenta parte de un trabajo de Eric Drexler del Foresight Insitute y Chris Phoneix del Center for Resposable Nanotechnology titulado “Safe exponencial manufacturing” (Fabricación exponencial segura).<sup>34</sup> Drexler es el

gurú de la nanotecnología frecuentemente ridiculizado por su teoría de que el ensamblaje de productos de macro escala a partir de moléculas podría derivar en una catástrofe global conocida como “Plaga Gris”. La visión de Drexler de la manufactura molecular y la Plaga Gris han sido fieramente atacadas por los científicos más reconocidos, entre los cuales uno de los más insistentes es Richard Smalley, Premio Nóbel 1996.<sup>35</sup>

El artículo más reciente de Drexler revisa su posición anterior. Ahora afirma que la auto replicación no es un componente necesario de la nanotecnología molecular (NTM) Originalmente, Drexler imaginó que la NTM podría imitar a la producción biológica: él deducía que ensamblar piezas de tamaño molecular requeriría algún tipo de plataforma de manufactura paralela para poder realizarse. La biología usa el ARN y el ADN para asegurar que una célula contenga toda la información y equipo necesarios para hacer una copia de sí misma. La célula realiza funciones biológicas pero también puede fabricar nuevas células, y así sucesivamente. Lo que imaginó Drexler fue una contraparte mecánica de la célula.

El problema con la auto replicación mecánica, más allá de cómo hacer que funcione, es que requeriría un control muy cuidadoso. Drexler comparó el peligro de este procedimiento con el funcionamiento de las células de cáncer, que se multiplican sin control y resultan en la muerte del organismo que las hospeda. De manera similar, las máquinas auto replicantes de nano escala podrían evadir el control y trastornar el ecosistema global. Esto es lo que él nombró “Plaga Gris”, un escenario de desastre que atrapó la imaginación de los escritores de ciencia ficción, entre otros. Los últimos quince años el Insituto Foresight de Drexler se ha enfocado en el desarrollo seguro de la NTM.

Drexler y Phoenix no renuncian por completo a la posibilidad de la auto replicación mecánica, pero dicen que sería más eficiente, menos costoso y más fácil lograr manufacturas a nano escala usando “nano fábricas” que no tengan una capacidad auto replicante.<sup>36</sup> Las nano fábricas podrían trabajar como robots ensambladores, uniendo bloques nano escalares para formar conglomerados más grandes. La ausencia de la auto replicación podría evitar la amenaza de la plaga gris.

Los críticos de Drexler entre la comunidad científica aún no responden públicamente a esta revisión de lo que es la nanotecnología molecular y no sabemos si estarán de acuerdo en que las “nano fábricas” son mejores que los nano robots auto replicantes. Sin embargo la respuesta de los medios al artículo de Drexler y Phoenix es muy interesante porque todos repiten prácticamente lo mismo. El motivo que reproducen los periodistas es: “la Plaga Gris ya pasó a la historia.” Aquí un rápido vistazo a los encabezados:

**Nanotechnology Pioneer Slays ‘Grey Goo’ Myths** (Pionero de la nanotecnología elimina mitos sobre la ‘Plaga Gris’; *Science Daily*, June 9, 2004)

**Nanotech guru turns back on ‘goo’** (Gurú de la nanotecnología da la espalda a la ‘Plaga’, Paul; Rincon, *BBC News*, UK, June 9, 2004)

**World safe from nanobot ‘grey goo’** (El mundo a salvo del nano robot de la ‘Plaga Gris’; *The Register*, UK, June 9, 2004)

**Civilisation safe as nanobot threat fades** (La civilización a salvo, la amenaza de los nano robots se desvanece; *Guardian*, UK, June 8, 2004)

**‘Grey goo’ destruction theorist changes tack** (El teórico de la destrucción de la ‘Plaga Gris’ cambia de opinión; *The Scotsman*, UK, June 8, 2004)

**Grey goo holds “nothing to fear”** (“Nada que temer” a la ‘Plaga Gris’; *Manchester Evening News*, UK, June 8, 2004)

Los periodistas ignoraron por completo las afirmaciones de Drexler y Phoenix en el sentido de que quitar la capacidad de auto replicación de un artefacto nano métrico hace que la nanotecnología molecular sea *más* peligrosa, y no menos. Drexler y Phoenix afirman: “Mucho más seria [que la replicación descontrolada] es la posibilidad de que un ente con capacidad de manufacturar sea usado para fabricar armas no replicantes en cantidades sin precedentes, guiando a una carrera armamentista, a la guerra, al terrorismo o a la opresión. Un arma no replicante podría ser más rápidamente destructiva y difícil de encontrar, y una cosa como esa bien puede ser creada y puesta en el ambiente deliberadamente.”<sup>37</sup>

Es muy interesante que casi una semana antes de que este artículo apareciera en *Nanotechnology*, el Institute for Advanced Concepts and General Dynamics Advanced Information Systems de la NASA publicó un reporte llamado “Modeling

Kinematic Cellular Automata”<sup>38</sup>, escrito por Tihamer Toth-Fejdel, Robert Freitas (un investigador del molecular Manufacturing Institute de Drexler) y Matt Moses como consultores. El reporte concluye los sistemas de auto replicación de máquinas son posibles. La palabra “cellular” en el título se refiere a los módulos, no a los componentes biológicos. A finales de junio, Drexler y Phoenix aun no habían respondido públicamente este documento de la NASA.

No es claro si Drexler y Phoenix quieren exagerar o disminuir las preocupaciones en torno a la nanotecnología molecular, pero lo que definitivamente NO hicieron fue señalar el rápido avance en el campo de la nano biotecnología, que no está *imitando* a las plataformas de manufactura biológica, si no *construyéndolas*. Es en el campo de la nano biotecnología donde se necesita más urgentemente una revisión y una precaución.

### ¿La Plaga Verde en el horizonte?

La plaga verde se refiere a los peligros potenciales asociados con la nanobiotecnología —la fusión de lo vivo y lo no vivo en la nano escala para crear materiales y organismos híbridos. La nanobiotecnología integra materiales biológicos con materiales sintéticos para construir nuevas estructuras o productos moleculares. Los investigadores están *convenciendo* a los organismos vivos de que realicen funciones mecánicas precisamente porque los organismos vivos son capaces de auto ensamblarse y auto replicarse. A partir de la nanobiotecnología se pueden crear organismos nunca antes vistos sobre la tierra. Las nuevas formas de vida, especialmente aquellas diseñadas para funcionar autónomamente en el ambiente, ¿abrirán una caja de Pandora de consecuencias imprevistas e incontrolables? Ese es el espectro de la Plaga Verde.

“El debate entre Drexler y Smalley es un distractor y no deberíamos tomar una posición en torno a ello, incluso si contamos con la experiencia científica y técnica para hacerlo. No hay duda de que la manufactura molecular es factible una vez que vemos que la biología molecular es en sí misma una forma de ello... Tan pronto como consideramos que la célula es una máquina natural, la posibilidad de hacer “trucos” con ella se vuelve obvia.”<sup>39</sup>  
– **Jean-Pierre Dupuy**, Ecole Polytechnique, Paris y Stanford University, California, marzo de 2004.

### Miren quién habla de plagas:

Los promotores de la nanotecnología se quejan frecuentemente de que la teoría de Drexler sobre la Plaga Gris y la novela de ficción *Prey* de Michael Crichton aumentan la incompreensión y el miedo a la nanotecnología. Philip Bond, Subsecretario de Ciencia y Tecnología del Departamento de Comercio de Estados Unidos, asegura: “el cuerpo político es susceptible al virus del miedo.”<sup>40</sup> Pero es necesario mirar más de cerca quién está hablando de plagas. Una búsqueda en Google<sup>41</sup> rindió 63 entradas referidas a la amenaza de la Plaga Gris como la presentaron Drexler y Crichton (no consideremos por ahora que el libro de Crichton habla de organismos biológicos fuera de control y Drexler de máquinas no biológicas, pues todos mezclan los conceptos indiscriminadamente).

Entre los resultados de la búsqueda no aparece ninguna de las publicaciones de cultura popular —*People Magazine*, *USA Today*, *Time* o *Newsweek*. Los que sí se encuentran son *Nature*, *Small Times* (el periódico de la industria nanotecnológica), *The Economist*, nanotechweb.org, testimonios de científicos ante el Congreso de Estados Unidos, el Parlamento del Reino Unido, y más por el estilo. Ellos son quienes están disfrutando ya el éxito de la película de pronta aparición, aunque en realidad todavía no hay un director, un productor ni actores. Al parecer no es el público bobo e inocente el que está al pendiente de la saga de las plagas nanotecnológicas. En comparación con las 96 semanas de permanencia en cartelera de *Seabiscuit* y las siete nominaciones para Premios de la Academia, la novela *Prey*, que con dificultad logró cinco semanas en la lista de los más vendidos (sin llegar nunca a estar en primer lugar) parece relegada al almacén, si no fuera justamente porque los publicistas de la nanotecnología la mantienen viva.

Y miren quién no habla de plagas: en los resultados de la búsqueda no aparece ningún documento del Grupo ETC (a nosotros no nos impresionó la ciencia ficción de Crichton); aparentemente tampoco apareció Greenpeace, y por supuesto, el Príncipe Carlos tampoco está hablando de plagas, lo cual no debe sorprender, ya que primero tendría que hacer una declaración pública sobre nanotecnología.

Es importante reconocer que la nanobioteconología no siempre incluye la auto replicación, y los materiales biológicos pueden utilizarse para aplicaciones más mundanas. Es equívoco asumir que toda la investigación sobre nanobioteconología resultará en una Plaga Verde incontrolable. Algunas aplicaciones serán más riesgosas que otras. Por ejemplo, los productos nano biotecnológicos que

incorporan organismos vivos y que se diseñan para aplicaciones ambientales tienen una posibilidad más grande de convertirse en “plagas verdes” que aquellos que simplemente incorporan proteínas biológicas en materiales sintéticos. Como sea, impulsado por el capital de riesgo y los dólares de los contribuyentes, el campo de la nano biotecnología avanza rápidamente, ante la ausencia de un debate público o de la vigilancia de las autoridades. La mayoría de los que diseñan las políticas públicas ni siquiera tienen en mente las implicaciones de la nano biotecnología. Los siguientes ejemplos ofrecen un panorama del estado actual de la investigación en nano biotecnología.

“La máquina nanotecnológica con la que todos soñamos es una que se pueda replicar.” – **Nadrian C. Seeman**<sup>42</sup>

La historia principal de *Scientific American* de junio de 2004, “Nanotech and DNA”, da un panorama detallado de los nuevos objetivos de la construcción molecular usando la doble hélice de ADN.<sup>43</sup> Nadrian Seeman, químico de la Universidad de Nueva York, explica que el ADN es la molécula ideal para construir estructuras de nano escala porque los científicos saben mucho acerca del funcionamiento del ADN, porque puede sintetizarse y manipularse fácilmente, y porque las tiras de ADN interactúan de formas programables y predecibles. “Se podrían construir materiales —ya sea con el ADN o mediante el ADN— con estructuras diseñadas con precisión en el nivel molecular”, explica Seeman.<sup>44</sup> Las aplicaciones potenciales incluyen componentes nano electrónicos, sensores nano mecánicos, interruptores y pinzas, o funciones robóticas más elaboradas. También se están haciendo pruebas con estructuras de ADN para facilitar “el diseño racional de fármacos.” (En vez de desarrollar nuevas drogas mediante ensayo y error, los investigadores están estudiando las estructuras tridimensionales de las moléculas, y diseñando nuevas drogas basadas en la estructura de su proteína objetivo. La idea es que si sabemos con precisión qué proteína es la culpable de una enfermedad, podemos hacer otra a la medida para combatirla).

En noviembre de 2003, científicos en Israel construyeron transistores con nano tubos de carbono usando ADN como plantilla,<sup>45</sup> convirtiéndose en los primeros en usar ADN para fabricar un artefacto electrónico. El Dr. Erez Braun, profesor de física, dijo al *New York Times* “Lo que logramos fue hacer



un artefacto electrónico auto ensamblado mediante la biología en un tubo de ensayo... El ADN sirve como un andamiaje, una plantilla que determinará dónde se colocarán los nano tubos de carbono. Allí radica la belleza de usar la biología.”<sup>46</sup>

Químicos de la Universidad de Nueva York anunciaron recientemente que habían creado un robot de ADN capaz de movimiento bípedo.<sup>47</sup> Las piernas de este nano caminante miden 10 nanómetros de largo, están hechas de dos tiras de ADN que se emparejan y forman una doble hélice. En el futuro, los investigadores esperan poder ‘convencer’ a las células para manufacturar robots a partir de ADN. Si la manufactura de nano escala se convierte en realidad, los robots de escala molecular necesitarán ensamblar otras nano máquinas y tener la capacidad de mover moléculas y átomos. El próximo reto para el nano caminante de ADN es transportar cargas atómicas —posiblemente un átomo de metal.

“No construya una fábrica. Consiga que un virus le haga el trabajo.” – **Angela Belcher**, profesora de ciencia material del MIT y cofundadora de Semzyme, Inc.<sup>48</sup>

Angela Belcher, profesora de ciencia material en el MIT, reportó a principios de este año que su equipo de investigación había diseñado genéticamente el ADN de un virus y lo había inducido a producir materiales inorgánicos: cables con propiedades magnéticas y semiconductoras.<sup>49</sup> Los cables producidos por los virus podrían proveer en el futuro circuitos extremadamente pequeños para componentes electrónicos de alta velocidad. “Programamos el virus para que cultive cierto material a cierta velocidad”, explicó Belcher al *New York Times*,<sup>50</sup> “entonces extinguimos al virus y nos quedamos con cables semiconductores de cristales simples.” Belcher se refiere a sus virus como “un juego de herramientas genéticas para cultivar y organizar nano cables.” Hasta la fecha, Belcher ha inducido a los virus a producir unos 30 materiales inorgánicos diferentes, y planea hacerlo a partir de todos los elementos de la Tabla Periódica. Ella enfatiza que sus virus diseñados son benignos y no se auto replican, que están programados para auto ensamblarse pero sólo en un lugar y con una forma particular.

“La biología es la nanotecnología que funciona.”—**Tom Knight**, investigador superior en el Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (laboratorio de inteligencia artificial) del MIT.<sup>51</sup>

La primera conferencia sobre “biología sintética” en el mundo tuvo lugar en junio de 2004. El objetivo de la biología sintética es diseñar y construir máquinas que trabajen dentro de las células. Los biólogos ya están construyendo bibliotecas de partes de ADN intercambiables, llamadas “BioBriks” (bio bloques) y las están ensamblando dentro de microbios para crear máquinas vivas programables.<sup>52</sup> Usando los bio bloques como materia prima, los investigadores pueden diseñar sistemas de manufactura biológica específicos. La biología sintética algunas veces incluye la ingeniería “en reverso” de la vida. Por ejemplo, es posible diseñar una proteína en una computadora y después utilizar el software para construir la secuencia de ADN que produciría la proteína dentro de la célula —incluso si la proteína y el ADN no existen en la naturaleza.<sup>53</sup>

El uso de los sistemas de ingeniería en la biología se está convirtiendo en un nuevo campo, pero los investigadores reconocen que la bio ingeniería no siempre es segura. “Esa no es la forma en que operan los sistemas biológicos”, explica Tom Knight, científico superior del MIT en el laboratorio de inteligencia artificial. “Los sistemas biológicos trabajan con la *reproducción* —algo que no es parte de la ingeniería— y los bio ingenieros con la *mutación*.”<sup>54</sup>

Craig Venter, famoso por mapear el genoma humano, es probablemente el personaje de alto nivel que más practica la biología sintética. En noviembre del 2002, Venter y el Premio Nóbel Hamilton Smith anunciaron que habían recibido un financiamiento de \$3 millones de dólares del Departamento de Energía de Estados Unidos para crear una nueva forma de vida “minimalista” en el laboratorio, que podría usarse en la captura de “carbono y la producción de energía.”

Desde entonces, han recibido \$9 millones de dólares más del Departamento de Energía, y en noviembre del 2003 anunciaron que habían ensamblado un bacteriófago integrado por 5,386 pares base de ADN sintético, disponible comercialmente. Los investigadores del IBEA, (el instituto de Venter que se dedica a investigar fuentes alternativas de energía biológica) pudieron crear un virus sintético en solo

14 días. Tienen confianza en que debido a que el virus infecta la bacteria y no es dañino para los humanos, los animales o las plantas, “no presenta riesgos éticos o para la salud”.<sup>55</sup> Para cuando el organismo sintético pueda comercializarse gracias a los “muchos usos que puede tener en el campo de los energéticos y la ecología” los gobiernos deben tener listas sus propias regulaciones y no confiar en la buena voluntad de los científicos y los empresarios.

### **Conclusión:**

Quienes promueven la nanotecnología aseguran que aprendieron las lecciones de la biotecnología, y que no repetirán los errores de la introducción de los cultivos transgénicos. Pero analizando la situación actual, parece que los nano entusiastas están en camino directo a una introducción tecnológica desastrosa. Es como ver la segunda parte de una película de bajo presupuesto.

La historia reciente sugiere que nuevamente serán los pobres y marginados quienes pierdan más. El Protocolo de Bioseguridad de las Naciones Unidas para organismos transgénicos entró en vigor ocho años después de que los cultivos estaban en el campo, debido a la miopía de los gobiernos. A menos que se tomen acciones ahora, parece que estaremos respirando, usando y comiendo los productos de la nanotecnología, incluyendo los de la nano biotecnología, mucho antes de que se ponga en marcha cualquier previsión.

### **NOTAS:**

<sup>1</sup> Comisión Europea, “Nanotechnologies: A Preliminary Risk Analysis on The Basis of a Workshop Organized in Brussels on 1-2 March 2004 by the Health and Consumer Protection Directorate General of the European Commission,” 2004, p. 28. Disponible en Internet en [http://europa.eu.int/comm/health/ph\\_risk/events\\_risk\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/health/ph_risk/events_risk_en.htm)

<sup>2</sup> Sandy Smith, “Howard: Nanotechnology Represents an ‘Exciting Challenge’ for EHS,” 7 de mayo de 2004; disponible en Internet: <http://www.occupationalhazards.com/articles/11779> (desde 14 de junio 14, 2004).

<sup>3</sup> Juliana Gruenwald, “Nanotoxicity: Congress to Study First, Regulate Later,” *www.smalltimes.com*, 26 de mayo, 2004.

<sup>4</sup> Citado en Juliana Gruenwald, “Marburger says nano regulators ensure health, safety,” en *Small Times* en línea, junio 18, 2004; disponible en Internet: [http://www.smalltimes.com/document\\_display.cfm?document\\_id=8075](http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=8075)

<sup>5</sup> Parlamento del Reino Unido, Comité Selecto de Ciencia y Tecnología, *Fifth Report*, en Internet: <http://www.parliament.the-stationery-office.co.uk/pa/cm200304/cmselect/cmsctech/56/5601.htm>

<sup>6</sup> Carlo M. Cipolla, *Before the Industrial Revolution*, New York: W.W. Norton, 1993.

<sup>7</sup> Ibid.

<sup>8</sup> PCBs: policlorinados utilizados en selladores, aditivos de pinturas, tintas, refrigerantes. Muy nocivos para el ambiente. CFCs: clorofluorocarbonos, usados en aire acondicionado y aerosoles, entre otros destructores de la capa de ozono. DES: estrógeno sintético, prescrito para evitar abortos, se comprobó su nocividad. MTBE: combustible derivado del metanol, se acumula en los mantos freáticos. TBT: agente biocida para preservar la madera, los cascos de los barcos, etc. Se considera nocivo al ecosistema marino. HGH Hormona del crecimiento humano, diseñada para tratamientos médicos, es muy común su abuso por parte de los deportistas. BSE: Encefalopatía espongiforme bovina (enfermedad de las vacas locas).

<sup>9</sup> Spencer R. Weart, *The Discovery of Global Warming*, en Harvard University Press, Cambridge, 2003, p.18 and pp.173-174.

El 17 y 18 de junio se reunieron en Washington representantes de los gobiernos de 25 países para discutir el “desarrollo e investigación responsable” de la nanotecnología. El diálogo constituyó un importante primer paso de los gobiernos nacionales para reconocer que deben discutirse los impactos socioeconómicos, para la salud y ambientales de la nanotecnología a nivel global. Sin embargo una reunión de expertos técnicos de 26 países no es adecuada para sacar conclusiones en representación de la sociedad civil de todos los países involucrados de una u otra forma con la nanotecnología. Las próximas reuniones internacionales deben ser incluyentes, transparentes y realizarse bajo los auspicios de las Naciones Unidas.

Además de la urgencia que hay para regular las nano partículas, los gobiernos —separada o conjuntamente— necesitan evaluar, monitorear y regular el impacto de la nanotecnología en la infraestructura socioeconómica; en los derechos humanos (especialmente de los pueblos marginados y los discapacitados); y en la defensa y el comercio.

En vez de tener que luchar cada vez por adaptarnos a las sucesivas olas tecnológicas, la comunidad internacional debe crear un nuevo organismo dedicado a monitorear, evaluar y aceptar o rechazar nuevas tecnologías y sus productos mediante una Convención Internacional para la Evaluación de Nuevas Tecnologías. (ICENT).

- 
- <sup>10</sup> Ver <http://www.tab.fzk.de/en/projekt/zusammenfassung/ab92.htm>
- <sup>11</sup> Ver <http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=467>
- <sup>12</sup> Comisión Europea, "Nanotechnologies: A Preliminary Risk Analysis on The Basis of a Workshop Organized in Brussels on 1-2 March 2004 by the Health and Consumer Protection Directorate General of the European Commission," 2004.
- <sup>13</sup> *Ibid.*, p. 11.
- <sup>14</sup> *Ibid.*
- <sup>15</sup> *Ibid.*, pp. 27 ff.
- <sup>16</sup> *Ibid.*, pp. 28, 49
- <sup>17</sup> *Ibid.*, p. 49.
- <sup>18</sup> Comisión Europea, Communication (2004) 338, "Towards a European strategy for nanotechnology," 12 de mayo, 2004. Disponible en Internet at [ftp://ftp.cordis.lu/pub/nanotechnology/docs/nano\\_com\\_en.pdf](ftp://ftp.cordis.lu/pub/nanotechnology/docs/nano_com_en.pdf)
- <sup>19</sup> *Ibid.*, p. 22.
- <sup>20</sup> *Ibid.*, p. 16.
- <sup>21</sup> *Ibid.*, p.3
- <sup>22</sup> Annabelle Hett, *Nanotechnology: Small Matter, many unknowns*, p. 47. Disponible en Internet at <http://www.swissre.com/INTERNET/pwswpspr.nsf/fmBookMarkFrameSet?ReadForm&BM=../vwAllbyIDKeyLu/YHAN-5YUCVT?>
- <sup>23</sup> Por ejemplo, la Comisión Europea convoca a "prever" (sic) los riesgos y convoca a los "Estados miembro a revisar las regulaciones existentes para tomar en cuenta las especificidades de la nanotecnología." Comunicado de la Comisión Europea (2004) 338, "Towards a European strategy for nanotechnology," May 12, 2004, p. 19.
- <sup>24</sup> Sandy Smith, "Howard: Nanotechnology Represents an 'Exciting Challenge' for EHS," 7 de mayo del 2004.
- <sup>25</sup> *Ibid.*
- <sup>26</sup> Andrew Maynard, del US National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), presentación hecha en el seminario "Nanotechnology and Worker Safety and Health," 18 de mayo del 2004, Washington, DC. Para mayor información de las actividades del NIOSH, ver <http://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech> (disponible el 16 de junio de 2004).
- <sup>27</sup> Sandy Smith, "Howard: Nanotechnology Represents an 'Exciting Challenge' 7 de mayo de 2004.
- <sup>28</sup> La misión de la agencia es "servir como consejero de la nación para mejorar la salud."
- <sup>29</sup> Rick Weiss, "Language of Science Lags Behind Nanotech," en *The Washington Post*, 17 de mayo de 2004, disponible en Internet: [www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A31579-2004May16.html](http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A31579-2004May16.html) (desde el 16 de junio de 2004).
- <sup>30</sup> *Ibid.*
- <sup>31</sup> Anónimo, "President's S&T Council Briefed on Nanotechnology Issues," en *The American Institute of Physics Bulletin of Science Policy News*, no. 49: 15 de abril de 2004. Disponible en Internet en <http://www.research.vt.edu/newsinfo/newsandviews/presidentcouncil.htm> (desde el 23 de junio de, 2004).
- <sup>32</sup> Nano partículas semiconductoras de selenido de cadmio
- <sup>33</sup> Andrew Bridges, "Widely varying particle behavior raises nanotechnology concerns," Associated Press, 1 de abril del 2004. En Internet: <http://www.signonsandiego.com/news/computing/20040401-1426-ca-nanomovement.html>
- <sup>34</sup> Eric Drexler y Chris Phoenix, "Safe Exponential Manufacturing," en *Nanotechnology*, agosto de 2004, disponible en Internet <http://www.iop.org/EJ/journal/0957-4484>.
- <sup>35</sup> Rudy Baum, editores, "Nanotechnology: Drexler and Smalley make the case for and against 'molecular assemblers,'" en *Chemical & Engineering News*, 1 de diciembre del 2003, pp. 37-42. Disponible en Internet: <http://pubs.acs.org/cen/coverstory/8148/8148counterpoint.html>
- <sup>36</sup> Eric Drexler y Chris Phoenix, "Safe Exponential Manufacturing," en *Nanotechnology*, August 2004, disponible en Internet en <http://www.iop.org/EJ/journal/0957-4484>.
- <sup>37</sup> *Ibid.*
- <sup>38</sup> El reporte completo está disponible en el sitio web del Institute for Advanced Concepts de la NASA: [http://www.niac.usra.edu/files/studies/final\\_report/pdf/883Toth-Fejel.pdf](http://www.niac.usra.edu/files/studies/final_report/pdf/883Toth-Fejel.pdf)
- <sup>39</sup> Jean-Pierre Dupuy, "Complexity and Uncertainty: A Prudential Approach To Nanotechnology" en Comisión Europea, "Nanotechnologies: A Preliminary Risk Analysis on The Basis of a Workshop Organized in Brussels on 1-2 March 2004 by the Health and Consumer Protection Directorate General of the European Commission," 2004, pp. 73-74.
- <sup>40</sup> Ver, por ejemplo, las declaraciones de Philip Bond a la National Nanotechnology Initiative 2004 Conference Association, 2 de abril de 2004. Disponible en Internet: [http://www.technology.gov/speeches/p\\_PJB\\_040402.htm](http://www.technology.gov/speeches/p_PJB_040402.htm)
- <sup>41</sup> Búsqueda en Google, 16 de Junio de 2004. Los términos que se usaron fueron "Drexler, goo, Crichton, Prey, fear." La búsqueda rindió 63 entradas.
- <sup>42</sup> Nadrian C. Seeman, "Nanotechnology and the Double Helix," en *Scientific American*, junio 2004, p. 75.

---

<sup>43</sup> Ibid., pp. 65-75.

<sup>44</sup> Ibid., p. 65.

<sup>45</sup> Kenneth Chang, "Smaller Computer Chips Built Using DNA as Template," en *New York Times*, 21 de noviembre de 2003.

<sup>46</sup> Ibid.

<sup>47</sup> Jenny Hogan, "DNA robot takes its first steps," en *New Scientist*, 8 de mayo de 2004. En Internet:

<http://www.newscientist.com>

<sup>48</sup> Rebecca Skloot, "Popsci's Brilliant 10," en *Popular Science*, Disponible en Internet: <http://www.popsci.com>

<sup>49</sup> Anne Eisenberg, "Benign Viruses Shine on the Silicon Assembly Line," en *New York Times*, 12 de febrero de 2004.

<sup>50</sup> Ibid

<sup>51</sup> Chappell Brown, "BioBricks to help reverse-engineer life", en *EE Times*, 11 de junio de 2004.

<sup>52</sup> W. Wayt Gibbs, "Synthetic Life," en *Scientific American*, 26 de abril de 2004.

<sup>53</sup> Chappell Brown, "BioBricks to help reverse-engineer life", en *EE Times*, 11 de junio de 2004.

<sup>54</sup> Ibid.

<sup>55</sup> Boletín de prensa del IBEA, "IBEA Researchers Make Significant Advance in Methodology Toward Goal of a Synthetic Genome," 13 de noviembre de 2003. Disponible en Internet (as of June 25, 2004): <http://www.bioenergyvalts.org/news.html>

### **Nano Glosario:**

**Nanotecnología:** es la manipulación de la materia en la escala del nanómetro (mn), que mide la millonésima parte de un milímetro. Los átomos y las moléculas se miden en nanómetros.

**Nanobiotecnología:** es la fusión de lo vivo y lo inerte en la nano escala, para producir materiales y organismos híbridos.

**Nano partículas:** son elementos químicos o compuestos que miden menos de 100 nanómetros de tamaño. Las partículas menores a 100 nm pueden mostrar "efectos cuánticos", es decir, sus propiedades químicas y eléctricas pueden cambiar.

**El Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración, Grupo ETC antes RAFL, es una organización internacional de la sociedad civil, cuya secretaría internacional está en Canadá. El Grupo ETC se dedica a la promoción de la diversidad cultural y ecológica y de los derechos humanos. El Grupo ETC es miembro del proyecto CBDC (Conservación y desarrollo de la biodiversidad con comunidades de pequeños agricultores), una iniciativa experimental de colaboración entre 14 organizaciones de la sociedad civil e instituciones públicas de investigación. El proyecto CBDC tiene como objetivo la exploración de programas dirigidos por las comunidades en la conservación y promoción de la diversidad agrícola. Más información en [www.cbdcprogram.org](http://www.cbdcprogram.org)**

**Desde el 1 de julio de 2004, la sede del Grupo ETC cambió de Winnipeg a Ottawa. La nueva dirección es:  
1 Nicholas Street, Suite 200 B, Ottawa, ON K1N 7B7, Canada**