



Nómadas

ISSN: 1578-6730

nomadas@cps.ucm.es

Universidad Complutense de Madrid

España

Delgado Ramos, Gian Carlo
Promesas y peligros de la nanotecnología
Nómadas, núm. 9, enero-junio, 2004, p. 0
Universidad Complutense de Madrid
Madrid, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=18100908>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

NÓMADAS

Promesas y peligros de la Nanotecnología

[Gian Carlo Delgado Ramos] (*)

- Nano...qué?
- Nanotecnología como resultado del desarrollo científico-tecnológico capitalista
- Complejidad de la Nanotecnología: mitos y falsas promesas
- La dimensión militar de la Nanotecnología/ Nanobiotecnología
- Una reflexión final
- NOTAS

Nano...qué?

"The principles of physics, as far as I can see, do not speak against the possibility of maneuvering things atom by atom." Richard Feynman, 1959 (1).

En términos generales, se acepta que la nanotecnología se enfoca en "el diseño de materiales con base en la interrelación de los componentes atómicos y en la manera en que son combinados". Su desarrollo incluye ciencias como la física, química, bioquímica y biología molecular. También hace uso de la ingeniería eléctrica y proteica, investigaciones microscópicas y proximales, diseño de imágenes atómicas, química computacional y, por supuesto de la biotecnología.(2)

La nanotecnología como fundamento de un cambio revolucionario en el sentido kuhniano, parece traer consigo una serie de redefiniciones en la ciencia. Como todo paradigma tecnológico de una naturaleza radicalmente distinta, son inmensos los horizontes que dibuja, pero al mismo tiempo, las limitantes de su desarrollo. La verdadera dificultad hoy en día es llegar al nivel más sofisticado de control: la manipulación y ensamblaje de un átomo a la vez.

Conforme se incrementa el espectro de su campo de operatividad, también lo hace, más que proporcionalmente, el grado de incertidumbre. Ello se viene concretizando en proyectos que buscan, no sólo manipular estructuras nanométricas (una mil millonésima parte de metro) u otras más grandes propias del nanomundo, sino también aquellas que se extienden al macromundo (3); de ahí que se comience a usar el término de "nanotecnología molecular".

Una confusión popular es que se considera que la nanotecnología sólo trabaja con materia inerte, sin embargo con el avance de la biotecnología y de la misma nanotecnología, esta última se ha visto envuelta en la manipulación atómica de

materia viva, lo que ha hecho más evidente la cercanía de ambas tecnologías. Es de tal dimensión ese empalme, sobre todo en el desarrollo de aparatos ultraminiaturizados que "imitan" los sistemas biológicos, o aún más, en el desarrollo de cyborgs, que para resolver técnicamente esta confusión se introdujo el término de nonobiotecnología para definir correctamente el trabajo de biotecnólogos y nanotecnólogos.

Este "encuentro" de tecnologías no es casual. Si recordamos, durante la década de 1940 se gestaba una nueva etapa en la investigación genética cuando un grupo de científicos con una formación y una motivación diferentes a los de los genetistas clásicos, comenzaron a interesarse por la naturaleza del gen.

Muchos de estos pioneros tenían poco o ningún conocimiento en genética clásica, y menos aún sobre la biología general. Su formación era netamente física y tenían un solo objetivo: conocer la base química de la información genética.

NÓMADAS

Los biólogos habían estudiado hasta entonces la genética desde la perspectiva de la evolución de los seres vivos. Los físicos, por el contrario, tenían una visión reduccionista del problema: para ellos se trataba de un asunto puramente molecular, de interacciones entre átomos que explicarían el mecanismo de la herencia.

Su enfoque era y es netamente reduccionista, porque a un cierto grado de organización de la materia se le intenta estudiar desde un grado inferior, menos complejo, que se distingue con otras cualidades. Esta reducción de la biología por los físicos, es consecuencia final de una reducción previa: la de querer entender a la biología desde la química –lo cual se intentaba ya en la bioquímica del siglo XIX–; solamente que la química y la biología eran relativamente menos divergentes de lo que lo son la física y la biología (4).

Nanotecnología como resultado del desarrollo científico-tecnológico capitalista

El recorrido historiográfico de la física y la biología dice mucho, no sólo en cuanto a la evolución y transformación del lenguaje [términos que cambian de significado y aquellos que lo preservan (5)]; sino también en cuanto a las formas y caminos que se optaron en el desarrollo de esas ciencias. Ojo, no me refiero al tipo de uso de tal o cual tecnología, por ejemplo la energía nuclear con fines pacíficos o militares; más bien aludo a la esencia o lógica del desarrollo científico-tecnológico per se.

En ese sentido, el señalamiento de Kranzberg a cerca de que "la tecnología no es buena ni mala; más bien es neutral", debe entenderse, en palabras de Veraza, como el hecho de que, "...los objetos resultantes del desarrollo tecnológico o valores de uso no contienen un telos, una finalidad o un sentido inmanente, por lo que sus formas orgánicas son objetivamente teleológicas (adecuadas a fines vitales), de suerte que la finalidad de las fuerzas productivas sociales inmanentemente es humana y sirven para el desarrollo universal de la humanidad en tanto que sirven para la satisfacción de necesidades." (6). No obstante, agrega Veraza, "...sólo un cierto conjunto de relaciones técnicas son aptas para cumplir las determinaciones sociales clasistas que marcan al capitalismo...Ello se fomenta en que la relación social del capitalismo debe apoyarse y tomar cuerpo, expresarse e imprimirse en la materia y demás, estar en acuerdo relativo, pero forzoso con un conjunto de necesidades, capacidades y actividades naturalmente determinado" (7)

En dicho panorama, el desarrollo científico-tecnológico capitalista no es neutral (ya no me estoy refiriendo a la ciencia y la tecnología per se). Watson escribe que, "...la tecnología [capitalista] no es neutral porque aporta su propia racionalidad y el método para su uso." (8) Así, podemos señalar que la esencia de ese proceso humano en activo (el desarrollo tecnológico), queda impregnada de la lógica del sistema de producción que se trate; de la finalidad para la que es desarrollada. Lo anterior explica por ejemplo, el por qué se ha optado en el sistema capitalista de producción por el desarrollo de una ciencia cada vez más reduccionista, segmentada y simplificada (lo que no significa que cada especialidad carezca entonces de complejidad, pero sí, que pierde la dimensión de la unidad, o en otras palabras, la complejidad del todo).

La crítica sobre la lógica de la tecnología antes esbozada, es "olvidada" en muchas publicaciones de autores de la temática. Tal olvido no es un detalle menor ya que las condiciones que permiten a la clase capitalista diseñar y ajustar la esencia de la ciencia y la tecnología, tanto en su rumbo o modalidad y en su ritmo, parten justamente del rompimiento de esa complejidad del todo. El sujeto, al quedar alienado y convertirse en un "especialista" pierde la perspectiva y complejidad de la unidad. Una educación "a la medida" hace "su" papel continuo en las nuevas generaciones. Esa atomización es la esencia de la lógica capitalista que comienza formalmente con la instauración de la fábrica. En efecto, el todo es "conectado", pero siempre con mediación del capital, asegurando que su modo de "conexión" sea funcional a la lógica del sistema, es decir, a la de los intereses de la clase capitalista, que aunque con intereses privados contradictorios, su objetivo común es la creciente explotación de plusvalor. (9)

NÓMADAS

Es justo en este sentido en el que Watson puntualiza que hablar de algo tan enorme y extenso como la [ciencia y la] tecnología [propriamente capitalista], "...significa describir la totalidad de la civilización moderna, no sólo el panorama industrial masivo, su aparato estructural, su jerarquía de mando y especialización, y la impronta de ese aparato sobre las relaciones humanas...; sino que también implica...la manera en qué nos vemos, consciente o inconscientemente, a nosotros mismos y nuestro mundo." (10)

Si volvemos nuestra atención a lo meramente científico-tecnológico, las consecuencias son agudas. Considérense las indicaciones de Heisenberg (11) cuando escribe que los datos empíricos se ven afectados por el instrumental analítico, y las de Kuhn (12), que se refieren a la manera en la que el contexto económico y sociopolítico en que opera la comunidad científica afecta profundamente sus formulaciones metodológicas y se introyecta en ellas.

Por todo lo aquí señalado, considero que la historia general de la técnica, como la historia de la humanidad en general, es fundamental para cualquier interpretación del presente y aproximación del mañana; donde esa exploración tiene como propósito esencial, dar cuenta de las posibilidades de un sistema científico-tecnológico a otro. Hacer a un lado esa revisión, como generalmente suelen hacer los "tecnócratas", es no querer ver tales posibilidades, lo que seguramente llevará, cuando menos, a un coqueteo con el sistema actual de producción con su entendimiento peculiar de desarrollo científico-tecnológico y sus costos ecológico-sociales.

Veamos pues la lógica general del avance de las nano-tecnologías como resultado del desarrollo científico-tecnológico capitalista.

Complejidad de la Nanotecnología: mitos y falsas promesas

El grado de complejidad técnica de la nanotecnología es mayor, de ahí que las primeras innovaciones de impacto considerable, se esperen hasta las próximas décadas. Los optimistas de esta tecnología señalan que contribuirá ampliamente en mejorar el medio ambiente y la calidad de vida humana; de entrada en los alimentos (13) y medicamentos. No obstante, la dificultad para manipular estructuras tan pequeñas, incluye conservar el "equilibrio" entre los diversos componentes del átomo y entre los átomos; a su vez entre moléculas, y así seguido.

Como se sabe, el átomo está compuesto por múltiples cuerpos, algunos de los cuales se desconoce totalmente su función. Está el electrón de carga eléctrica negativa (-1), el cual tiene un gemelo con carga positiva, el positrón (+1). Asimismo, está el protón neutro (carga 0) o neutrón, poco más pequeño en masa que el protón positivo (+1) y su gemelo el antiproton (-1). Hay un pión neutro (carga 0), un poco menor en masa que el pión positivo (carga +1) y su gemelito el pión negativo (carga -1). Vemos el muón negativo (-1) y el positivo (+1). Al igual que parece no existir un electrón neutro, tampoco hay muones neutros. (14)

Los nanotecnólogos, embarcados en una aventura con resultados desconocidos, están enfrentándose a cuestiones verdaderamente complejas. Deben cuidar la relación masa-volumen y de cargas, pero además la funcionalidad de la estructura, que bien puede ser "estable" si se mantiene sin cambios bruscos. Por ejemplo, un desequilibrio con posibles resultados imprevistos, es el caso de un procesador (microchip) manufacturado nanométricamente. Éste, al recibir un bombardeo continuo de cargas (por ejemplo para almacenar y/o transmitir información), según la velocidad y cantidad de las mismas, podría desequilibrarse o alcanzar temperaturas muy elevadas. Ese es un gran problema que ya enfrentan las investigaciones de nuevas generaciones de chips, donde el límite de crecimiento de la potencia del chip actual (basado en el silicón) es de aproximadamente una década, momento en el que las temperaturas alcanzadas llegarían a las de un reactor nuclear. La alternativa para no tener un mini-reactor nuclear en las manos, son los chips manufacturados con nuevos materiales (15) diseñados con técnicas nanotecnológicas, que aunque podrían incrementar su capacidad y neutralizar en el corto plazo esos peligros, en el mediano y largo plazo, seguirán presentes e incluso se potenciarán. (16)

NÓMADAS

Con toda la compleja interrelación de componentes atómicos antes esbozada a groso modo, los señalamientos generalizados en la élite de nanotecnólogos es que, se desconocen el grueso de los principios que rigen los procesos de "ensamblaje" y "fabricación" en la nanoscala de producción (particularmente átomo por átomo). No obstante, las promesas que genera la nanotecnología son de tal magnitud que las multinacionales y gobiernos nacionales del Norte están incrementando sus gastos en investigación.

Hoy en día ya se comercializan algunos productos. Por ejemplo en la electroinformática (nanoelectrónicos, nanotubos y nanocinturones para la fabricación de chips); en la cosmética (nanopartículas para la producción de bloqueadores solares u otros productos); en alimentos procesados y agricultura (nanosensores para la detección de patógenos o contaminantes, sistemas inteligentes integrados a agrocultivos, nanomateriales de origen agrícola, etcétera), en un abanico de nuevos materiales (17); en la medicina (tejidos dañados, monitoreo e intervención en estado clínico crítico, estimulación eléctrica, entre otras aplicaciones); en la conversión energética o como instrumentos de investigación (de medición o simulación); etc.

Uno de los avances más importantes de la nanotecnología es el desarrollo de nanomotores (18) que, con supuestos bajos niveles de consumo de energía, serían el corazón de los tan anhelados nanorobots, mismos que podrían no sólo producir virtualmente cualquier tipo de materia, sino copiarse o autoreplicarse (máquinas que producen máquinas, o máquinas que se re-producen), ello con el objeto, entre otros, de alcanzar escalas de producción económicamente viables, es decir que conecten la nanofabricación con la macrofabricación. Tales dimensiones de ensamblaje, según una publicación de la RAND, The Global Technology Revolution (19), podrían ser capaces, en el futuro próximo, de integrar de entre 100 a 10 mil componentes, alcanzando una dimensión total de aproximadamente de 10 micrones, por lo que la conexión entre el nanomundo y el macromundo, no será posible, según ese documento, hasta después del 2015.

Con el avance de la nanotecnología y su convergencia con la biotecnología y otras ciencias afines a modo de un sistema de innovaciones(20), la posibilidad de invención de nano-cyborgs es por demás aparatoso, dado las implicaciones que tiene. Considérese que la frontera del desarrollo nanotecnológico contempla los nanoensambladores, replicadores y la combinación de inteligencia artificial con la robótica para el desarrollo de nanocyborgs que podrían realizar una diversidad de operaciones como la de interactuar con el cuerpo humano, incluyendo el cerebro.

ETC Group ha venido señalando marcadamente desde mediados del 2002 a la fecha el alto grado de incertidumbre del avance nanotecnológico. Esa ONG canadiense llega a comparar la contaminación genética con lo que lo que sería una contaminación de nanopartículas fabricadas, ello sustentado en los resultados de una reunión de evaluación de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EUA a mediados de marzo de 2002, en la que los investigadores participantes informaron que se están encontrando nanopartículas fabricadas en el hígado de animales de laboratorio, por lo que se considera que las células vivas pueden absorber nanopartículas y que éstas se pueden adherir a bacterias y entrar así en la cadena alimentaria.(21)

ETC Group atinadamente indica que la dimensión con mayor incertidumbre y por ende con consecuencias desconocidas es el cruce que resulta en la nanobiotecnología.(22) Considerando lo anterior y parafraseando a Drexler, señala ETC Group, lo que se podría avecinar es el "Green Goo" (23); una nanobio catastrofe que tiene, entre sus ejes centrales, las reacciones catalizadoras automáticas, es decir reacciones químicas que se aceleran y producen automáticamente.

NÓMADAS

A pesar de que algunos científicos puntualizan los lineamientos mediante los cuales se podría mantener un margen de control, la incertidumbre, entendida como el potencial de que suceda el green goo, no desaparecería; ello asumiendo la efectividad técnica de tales medidas para controlar el grado de movilidad y operatividad de los nanorobots-autoreplicadores, entre las que se mencionan la estrategia de "reproducción" que empleen, la velocidad máxima de dispersión, los requerimientos energéticos químicos, la resistencia homeostática, y los límites de calentamiento causados por contaminantes.

Además de los señalamientos de ETC Group y otros, hay que tomar en cuenta que el boom de la nanotecnología seguirá teniendo una base material que la sostenga. Los tipos de materiales y energía, así como sus dimensiones y ritmos de consumo se desconocen en gran medida. Consecuentemente, es de esperarse un reordenamiento del carácter estratégico del espacio [para ese entonces ya no sólo terrestre (24)], sobre todo en cuanto a los materiales disponibles. Los hotspots ya no solamente serán los que concentren biodiversidad (punto de partida del avance biotecnológico), sino también los espacios que se perfilan como la base material del avance nanotecnológico. Entre el compuesto más solicitado seguramente seguirá siendo el carbono, una sustancia que ya manipula ampliamente la nanotecnología aplicada a la electroinformática, por dar un caso contrastante. El potencial estratégico de otros materiales es una interrogante que los nanotecnólogos tendrían que responder. Asimismo, la decisión sobre el tipo de energía que movería la autorreplicación de nanorobots y otros procesos nanométricos, pondrá sobre la mesa una serie de posibilidades de reconversión energética de fuentes renovables y relativamente "seguras". No obstante, la nanotecnología al potenciar el conocimiento sobre el átomo, también abrirá las puertas al uso de la energía nuclear (fusión o fisión) con todas sus consecuencias.

Lo anterior sin duda alguna genera más preguntas que respuestas sobre las implicaciones de la nanotecnología, sobre todo porque se presenta como algo que plausiblemente dejaría de ser ciencia ficción. Por ejemplo, entre las interrogantes más destacables están: ¿Para qué fines se está desarrollando? ¿A quién beneficiará? ¿Cuáles serán los impactos sociales y éticos? ¿Seguirá los pasos de la biotecnología? ¿Quién la controlará? ¿Qué pasará cuando haya una contaminación constante y permanente de nanopartículas fabricadas en el aire, agua, tierra, etcétera? ¿Cuáles serán las consecuencias en el corto, mediano y largo plazo, de la contaminación de las células vivas que componen la biodiversidad del orbe (incluida la salud humana), un suceso que, como se indicó, ya corrobora la EPA? ¿Se incrementará o reducirá el consumo de materiales y energía con respecto al escenario actual? ¿Qué tipo de materiales y energía serán el corazón de la nanotecnología? Etcétera.

Con toda esa incertidumbre mayor, la élite involucrada en su desarrollo parece estar cegada con las proyecciones del mercado nanotecnológico, que para el 2015 se estima en un billón de dólares anuales (trillion of dollars). No extraña que EUA, la Unión Europea y Japón, estén destinando fuertes montos al sector y ya tengan en su poder, junto con sus multinacionales, algunas patentes o solicitudes de patentes.

EUA tiene una Iniciativa Nacional en Nanotecnología. Japón consolida gran parte de su investigación en su Nanotechnology Research Institute, parte del National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, así como en el Nanotechnology Researchers Network Center of Japan. Francia y Alemania han creado un Nano valley o "Corredor de Nanotecnología" en el norte del Rhin. Reino Unido ha establecido un Programa de Enlace en Nanotecnología y desde el The Institute of Nanotechnology, suma los esfuerzos europeos al incluir multinacionales como Glaxo SmithKline, ABB, Merck, Syngenta, Unilever; y los institutos de investigación London Centre for Nanotechnology o el The Scottish Centre for Nanotechnology in Construction Materials; por mencionar unos cuantos miembros.

Acontecimientos relevantes para y en el desarrollo de la Nanotecnología	
Año	Acontecimiento
1905	Albert Einstein publica un artículo en el que calcula el diámetro de una molécula de

NÓMADAS

	azúcar en aproximadamente un nanómetro.
1931	Max Knoll y Ernest Ruska desarrollan el microscopio electrónico que permite obtener imágenes subnanométricas.
1959	Richard Feynman da su famosa conferencia sobre miniaturización: "There is plenty of room at the bottom"
1964	Glenn Seaborg, premio Nobel de química, obtiene dos patentes en EUA sobre los elementos Americium #95 y Curium #96. Un antecedente llamativo en cuanto al patentamiento de elementos y materia nanodiseñada.
1968	Alfred Y. Cho y John Arthur de los Laboratorios Bell y sus colegas inventan la epitaxis molecular (molecular-beam epitaxy), una técnica que posibilita depositar un solo nivel atómico (atomic layers) en una superficie.
1974	Norio Taniguchi concibe la palabra "nanotecnología" refiriéndose al trabajo con materiales de menos de un micrón.
1981	Gerd Binnig y Heinrich crean el microscopio de exploración por túnel (scanning tunneling microscope) que puede obtener imágenes de átomos individuales.
1985	Robert F. Curl Jr., Harold W. Kroto y Richard E. Smalley descubren la "buckminsterfullerene", también conocido como "buckyballs" de alrededor de un nanómetro de diámetro.
1986	K. Eric Drexler publica <i>Engines of Creation</i> una publicación que populariza la nanotecnología.
1989	Donald M. Eigler de IBM escribe las letras de la multinacional usando átomos individuales de xenón.
1991	Sumio Lijima de NEC en Tsukuba, Japón, descubre los nanotubos de carbón.
1993	Warren Robinett de la Universidad de Carolina del Norte y R. Stanley Williams de la Universidad de California de Los Angeles desarrollan un sistema de realidad virtual conectado a un microscopio de exploración por túnel que permite al usuario ver y tocar los átomos. La Rice University establece el primer laboratorio de nanotecnología en EUA.
1996	Curl, Kroto y Smalley ganan el premio Nobel de química por descubrir las buckyballs.
1997	Se establece la primera compañía específicamente nanotecnológica en EUA.
1998	El grupo de trabajo de Cees Dekker de la Universidad Delft de Tecnología en los Países Bajos crea un transistor a partir de un nanotubo de carbón.
1999	James M. Tour, ahora de la Universidad Rice, y Mark A. Reed de la Universidad de Yale demostraron que las moléculas individuales pueden actuar como interruptores moleculares (molecular switches).
2000	La administración de Clinton anuncia la Iniciativa Nacional en Nanotecnología, la cual, además de financiar ese campo de la investigación en EUA, también da un gran impulso a las expectativas que ésta genera. Eigler y otros investigadores desarrollan el espejismo cuántico. Colocando un átomo magnético en un extremo de un aro elíptico de átomos, genera un espejismo del mismo átomo hacia una dirección determinada (según sea enfocado): una posible alternativa para transmitir información sin cables ópticos. Los laboratorios Lucent y Bell, en alianza con la Universidad de Oxford, crean el primer nanomotor de ADN.
2001	Satoshi Kawata de la Universidad de Osaka en Japón esculpe en resina una composición de toros de 10 micrones de largo por 7 de alto (el tamaño de una célula de sangre roja) por medio de una técnica llamada polimerización del dos-fotón, la cual serviría para la creación de micromáquinas que permitirían llevar tratamientos clínicos a diversas partes del cuerpo humano, inclusive a los vasos sanguíneos más pequeños. Un paso a la construcción de nanomáquinas.

NÓMADAS

	<p>Investigadores de IBM y la Universidad de Delft usan nanotubos de carbón para desarrollar circuitos lógicos nanométricos.</p> <p>Mitsui & Co. de Japón hace públicos sus planes para manufacturar masivamente nanotubos de carbón.</p>
2002	IBM logra desarrollar un dispositivo de almacenamiento de información con capacidad de 1 billón de bits por pulgada cuadrada o lo que sería un disco duro de unos 100 gigas. Para agosto, esa misma multinacional informa que desarrolló un microscopio electrónico con capacidad para observar el radio de un solo átomo de hidrógeno.

Fuente: Actualizado en base a Gary Stix, "Little Big Science." Scientific American. Septiembre de 2001: 30; ETC Group. The Big Down: from genomes to atoms. Canadá, 2003.

La dimensión militar de la Nanotecnología/ Nanobiotecnología(25)

Diez mil 200 millones de dólares (mdd) es el presupuesto de 2004 para la investigación en Ciencia y Tecnología de la Defensa, como parte de los 379.9 millardos de dólares (mmdd) que componen el presupuesto total del Departamento de la Defensa (DdD). Una parte considerable se destinará a investigaciones nanotecnológicas de carácter militar. A ese monto hay que sumar otra buena cantidad que se destina a investigaciones hermanas y que son fundamentales para el avance de la nanotecnología, sobre todo aquellas que convergen con ésta. (26) Entre otras entidades que tienen programas en nanotecnología y afines está la NASA (con un presupuesto de 15.4 mmdd en 2004). Destaca su programa de Biological and Physical Research (973 millones en 2004). Se suma la National Science Foundation – NSF (5.4 mmdd) con su proyecto Nanoscale Science and Engineering (250 millones en 2004). El Departamento de Energía destinará en 2004 alrededor de 740 millones a la investigación en High Energy Physics, 260 millones en Fusion Energy Sciences y, 400 millones en Nuclear Physics. El Departamento de Seguridad Nacional (DHS) tiene agendados más de 800 millones a Ciencia y Tecnología (Contramedidas radiológica/nucleares contempla 137 millones; Contramedidas biológicas 365 millones; Contramedidas químicas-explosivas 65 millones; etcétera). Finalmente, se destina una partida bajo el rubro de Iniciativa Nacional de Nanotecnología que para el 2003 destina 700 mdd. Entre las prioridades que suscribe la Iniciativa, destaca en lo militar, la búsqueda de soluciones para la detección y protección de armas biológicas-químicas-radiológicas-explosivas, así como para el monitoreo del estado de salud de cada soldado con el objeto de aumentar su sobrevivencia mediante nanobiosistemas. También se puntualiza el desarrollo de sensores inteligentes, nanofilamentos o nanopolvos para la confección de ropa, máscaras y equipo militar personalizado con funciones camaleónicas en relación activa al medio ambiente; que protejan de la insolación a través de materiales de alta nanoporosidad; que neutralicen todo tipo de agentes químico-biológicos y/o que "administren" antídotos.

Otros programas indican que el DdD busca alentar el ensamblaje tridimensional de nanoestructuras para desarrollar mejores versiones de la mayoría de las armas convencionales (armamento más ligero y con mayor capacidad de municiones, miras multi-espectro, balas guiadas, o armas que se auto-disparan cuando es detectado el enemigo), así como el desarrollo de nuevos materiales para armas no-convencionales. (27)

Tales facetas de investigación militar no son las únicas, de hecho son las que constituyen la "cola" de la investigación nanomilitar. En tal sentido, Cliff Lau de la Oficina de Investigación Básica del la Secretaría de la Defensa, ha señalado que, "...dado el gran potencial para incrementar las capacidades de combate en la guerra, la nanotecnología sigue siendo una de las prioridades más altas en los programas de investigación del DdD. [De ahí que] el gasto del DdD en nanotecnología se enfoca en tres áreas nanotecnológicas de importancia crítica: diseño de nanomateriales, nanoelectrónicos/magnéticos/optoelectrónicos y nanobiosistemas [nanobiotecnología]." (28)

NÓMADAS

Las investigaciones puntuales en curso y programadas del DdD (29), sobre todo de las últimas dos áreas, sugieren la construcción de cualquier tipo de armamento o instrumental de espionaje o asesinato, selectivo o masivo a cualquier escala. (30) Por ejemplo, en términos no convencionales, los bionanorobots o nanocyborgs (replicables o no-replicables), podrían ser diseñados para que, por ejemplo una vez ingeridos aeróbicamente por el humano, busquen ciertos códigos genéticos pre-programados y se autodestruyan en una "apropiada" ubicación (como el cerebro). Es decir, los nanocyborgs fungirían, en este caso, como el arma químico-biológica más potente, imperceptible y eficaz en el micro y macro blanqueo del enemigo. Ello indica radicalmente nuevas dimensiones y escenarios de violencia, subyugación y dominio, dentro y fuera del campo de batalla (véase más adelante). La utilidad militar de los nanocyborgs no se limita a eso, también pueden ser diseñados para curar al soldado "desde adentro" o, desde otra perspectiva totalmente distinta, para atacar ciertos metales, lubricantes, plásticos u otros materiales; el objetivo: la destrucción de armas convencionales u otras infraestructuras estratégicas. * De salirse de control o, del rango de operatividad previsto, la incertidumbre sobre los peligros a la salud humana y el medio ambiente respectivamente, es de llamar la atención.

Todo ese prometedor avance de la convergencia de la nanotecnología y la biotecnología (entre otras afines), viene redefiniendo la concepción de los estrategas militares sobre la "seguridad nacional" y los plausibles escenarios de guerra. Los think tanks del Pentágono están preocupados por las implicaciones que tendría el avance de las mencionadas tecnologías convergentes por parte del enemigo, por lo que sus sugerencias son esenciales para tomar contramedidas y situarse tecnológicamente un paso adelante. Entre lo que ya se menciona, por ejemplo, es que la determinación del grado de confidencia para ejecutar o resistir una agresión militar se volverá ineficaz dadas las características y rapidez que alcanzaría la fabricación del armamento; que el tiempo para la toma de decisiones de emergencia y de inteligencia se reducirá; que el instrumental para la infiltración encubierta de inteligencia y de sabotaje, hará difusa la distinción entre confrontación y guerra; que en el espacio, los satélites civiles y militares (propiamente de espionaje), podrían ser atacados fácilmente por otros mini-satélites (replicadores) que tuvieran como misión dejar "ciego" al enemigo; o que el armamento nuclear podría volverse altamente vulnerable a novedosas técnicas de ataque o neutralización. Por todo lo anterior, la consideración general en cuanto a la estrategia militar global, apunta hacia el fortalecimiento de la capacidad de ejercer un potente primer ataque, ya que con las nano-bio-tecnologías, la capacidad de una respuesta aniquilatoria podría ser neutralizada. Más aún, esa tendencia sería fortalecida con la introducción de nanocyborgs replicadores para la fabricación de armamento ya que, el hecho de saber que el enemigo cuenta con replicadores más rápidos y eficientes, estimularía fuertemente a llevar a cabo un primer ataque (an early first strike).

Como puede deducirse, la competencia intercapitalista a nivel de las redes industriales tecnológicas es central para la geopolítica de EUA y otros Estados-nación involucrados en el desarrollo militar de las ciencias convergentes; no sólo desde la perspectiva de la guerra convencional (caliente) y la guerra fría, sino también desde la noción del terrorismo de Estado. Por ello, el avance y "socialización" de tales tecnologías en su versión militar debe de considerar entre las consecuencias, aquellas ecológicas y sociales, resultantes de la guerra, el terrorismo de Estado y el terrorismo internacional (vinculado o desvinculado al Estado-nación). (31)

En un panorama en el que las tecnologías convergentes no permitirán mantener una estabilidad entre rivales armados, y en el que los Estados-nación, sus institutos de investigación/universidades, y sus multinacionales [considérese tanto sus divisiones civiles como militares] (32) están cada vez más involucrados en su desarrollo, la discusión colectiva de las implicaciones de su desarrollo, tanto en la esfera civil/productiva, como en la militar/improductiva, es urgente. En el intermedio, un acuerdo mundial que limite su desarrollo sería más que conveniente como primer paso. La posibilidad de un gray/green goo existe a partir del momento en que se desarrollan las tecnologías convergentes, pero se incrementa proporcionalmente con la apertura de opciones para su uso deliberado bajo la racionalidad-irracional militar.

NÓMADAS

Un Tratado Internacional sobre Armamento Nanobiotecnológico que actualice el espectro de agentes que ya no contemplan los Tratados Internacionales de Armas Químico-Biológicas resulta fundamental, ahora que el verdadero potencial de las tecnologías convergentes todavía no se libera. Aunque claro está, que la irresponsable actuación unilateral de EUA sobre esos últimos Tratados y su constante violación [una de las más recientes alude a la patente de una lanza granada de agentes químico-biológico (33)] llama preocupantemente la atención.

Una reflexión final

Debido a que el desarrollo científico-tecnológico capitalista no ha servido para potenciar la conciencia social total, entendida como la humanidad que se piensa desde la perspectiva de la vida de todos y cada uno de sus individuos (Durkheim), considero que hay que detenerse seriamente a reflexionar para proceder con cualquier intento de redefinición. Ello no significa que entonces deba oponerse a todo desarrollo tecnológico (incluyendo muchas innovaciones resultantes del sistema científico tecnológico capitalista), ni tampoco a que se tienda a soluciones unidimensionales, al contrario.

En el caso de la nanotecnología, de entrada se debería discutir a fondo, distinguiendo entre problemáticas "prácticas" y "técnicas", político-económicas, militares, ecológicas y sociales; todo en un contexto de moratoria en la investigación hasta llegar a un acuerdo internacional. No se trata de ser más, o menos radical, sino solamente de medir el desarrollo tecnológico desde la perspectiva de la vida, no únicamente humana y no solo en beneficio de algun@s.

NOTAS

- (*) Economista mexicano egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Con el auspicio de la Agencia Española de Cooperación, actualmente es candidato doctoral en Ciencias Ambientales, opción Economía Ecológica, en la Universidad Autónoma de Barcelona. Autor de *La Amenaza Biológica* (Plaza y Janes, 2002)
- (1) Febrero de 1960. Feynman, Richard. "There's plenty of room at the bottom." Annual meeting of the American Physical Society del California Institute of Technology (Caltech). Publicado en *Engineering and Science*. EUA.
- (2) 2002. Delgado, Gian Carlo. *La Amenaza Biológica*. Plaza y Janes. México: 48.
- (3) Según la National Science Foundation de EUA, "...la manipulación de estructuras de 100 nanómetros o menos permitirá diseñar y controlar atributos físicos y químicos a escalas de la estructura molecular, para después ser unidas y formar estructuras más largas [conexión entre el nanomundo y el macromundo]." (Delgado, 2002. Op Cit: 50)
- (4) Delgado, 2002. Op cit: 198.
- (5) Los múltiples señalamientos y ejemplos de Kuhn al respecto son de gran valor. Para el autor, por ejemplo, "...los significados son productos históricos, y cambian las demandas sobre los términos que los poseen. Es sencillamente poco plausible que algunos términos cambien sus significados cuando se transfieren a una nueva teoría sin afectar los términos transferidos con ellos. Lejos de suministrar una solución, la frase 'invariancia del significado' sólo puede proporcionar un nuevo ámbito para el problema planteado por el concepto de incommensurabilidad." (2002. Kuhn, Thomas. *El camino desde la estructura*. Paidós Básica. España: 51)
- (6) 1987. Veraza Urtusiastegüi, Jorge. *Para la Crítica de las Teorías del Imperialismo*. Itaca. México: 53-54.
- (7) Ibid: 123-124.
- (8) 2002. Watson, David. *Contra la Megamáquina: ensayos sobre el imperio y el desastre tecnológico*. Alikornio ediciones. España: 20.
- (9) Watson escribe al respecto que "...es una forma de organización social que, debido a la complejidad y a las enormes dimensiones de un sistema tecnológico moderno, "hace necesaria" una interconexión y estratificación de tareas y un mando autoritario en todas sus actividades..." (Watson, 2002. Op cit: 21-22.)

NÓMADAS

(10) Watson, 2002. Op Cit: 13. Las cursivas son mías.

(11) En 1927, Heisenberg sostuvo que lo que impide a la física moderna retener la causalidad es "la imposibilidad física de medir simultáneamente valores exactos de variables conjugadas, tales como la posición y la velocidad de una 'partícula'; y que ello, a su vez, nos impide formular predicciones exactas sobre los estados futuros de ésta." En realidad "en la formulación rigurosa de la ley causal, 'si conocemos el presente con exactitud podemos calcular el futuro', lo falso no es la inferencia, sino la premisa. No podemos, en principio, conocer el presente hasta el último detalle." (1978. Bunge, Mario. Causalidad: el principio de causalidad en la ciencia moderna. Editorial Universitaria de Buenos Aires).

(12) Véase: 1977. Kuhn, Thomas. La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de Cultura Económica. México.

(13) Caso del NanoteK, parte de Kraft Foods-Philip Morris.

(14) Para explicar la existencia del núcleo con "componentes" de cargas opuestas que técnicamente se atraerían y autodestruirían, el físico japonés Yukawa había considerado postular la existencia de una partícula de masa intermedia entre el protón y el electrón. A esa partícula intermedia que encontró en 1936 se le denominó "mesetrón" del griego meso (en medio, intermedio). El descubrimiento tenía dos fallos. El mesón resultaba ligero como para poder contrarrestar las cargas del núcleo; pero sobre todo, no tenía la propiedad más importante del mesón: la de reaccionar muy rápidamente con los protones del núcleo de modo que sirviese como "cemento" del núcleo atómico. Con un protón tenía que reaccionar en alrededor de una trillónésima de segundo. No fue hasta 1948 que se descubrió un nuevo "mesón" de mayor masa y que sí realizaba las funciones descritas teóricamente por Yukawa. Al "fallido" mesón de Yukawa se le denominó muón (mu - inicial), mientras que al segundo pion (pi - radiación primaria). Las funciones del muón en ese entonces eran totalmente desconocidas. (1995. Asimov, Isaac. "El electrón es zurdo y otros ensayos científicos". Alianza. España: 186-198)

(15) La lógica de la industria de los nuevos materiales ya no es la de encontrar aplicaciones a materiales que se encuentran en la naturaleza, sino a la inversa. Concebir la aplicación para después diseñar el material. Para el caso de la microelectrónica, los nuevos materiales se diseñan para incrementar la capacidad de transmisión y almacenaje de información óptica. Los nuevos polímeros se están usando por su capacidad para guardar hologramas de varias páginas de información en bloques inorgánicos de cristales ferrosos u otros materiales prediseñados. (Delgado, 2002. Op cit: 55-56)

(16) Véase: 10 de mayo de 2003. "Less is Moore." The Economist. Reino Unido.

(17) Fibras, cerámicas u otros materiales más resistentes, nanocristales, adhesivos para su uso industrial, materiales inteligentes, otros nanomateriales para la manufactura de nanobienes determinados, etcétera.

(18) Por ahora, los primeros pasos a la nanofabricación ya se están dando. Carlo D. Montemagno de la Universidad de Cornell ha demostrado la posibilidad de construir nanomáquinas primitivas en base a un motor biológico. Montemagno extrajo un motor rotatorio proteico de una célula bacterial y lo conectó a un nanorotor. El resultado: un motor-rotor de 11 nanómetros de altura, 750 de largo y 150 de ancho, impulsado por adenosina trifosfato (ATP), que alcanza una velocidad de ocho revoluciones por minuto. Aunque primitiva, demostró la posibilidad de su existencia.

(19) 2001. Antón, Silbergliitt y Schneider. The Global Technology Revolution. National Intelligence Council/Rand Corporation. EUA. Consultese en: www.rand.org/publications/MR/MR1307/

(20) Sigo la sugerencia de Alejandro Nadal. (Conferencia sobre nanotecnología impartida en la Facultad de Economía de la UNAM. México, mayo de 2003).

(21) Véase: 2002. ETC Group. Communiqué. No. 76 y 77. Disponibles en www.etcgroup.org

(22) Ibidem.

(23) Eric Drexler introdujo en 1986 el término de "gray goo" en su libro Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology. Se refiere a la destrucción de la vida como resultado de una propagación accidental e incontrolable de self-replicating assemblers o nano-robots/cyborgs que se autoconstruyen (Véase particularmente el apartado titulado Engines of Destruction)

(24) Como se sabe, las expediciones a Marte y los planes de construcción de estaciones en ese planeta y en la Luna, de concretarse, ampliarían las dimensiones geoeconómicas y geopolíticas actuales, tal y como ya lo viene haciendo la Estación Espacial Internacional alrededor de la

NÓMADAS

órbita terrestre.

(25) El señalamiento del potencial militar de la nanobiotecnología lo señale en el 2001 siguiendo la sugerencia de Pat Money, director de ETC Group, sobre los peligros militares de la nanotecnología (2001. Delgado, Gian Carlo. Geoeconomía y Geopolítica de la Biotecnología a fines del siglo XX. FE, Unam. México). Para una revisión puntual del caso de la biotecnología en el desarrollo de armas biológicas véase Delgado, 2001 y Delgado, 2002. Op cit: 317-343)

(26) Según la Iniciativa Nacional en Nanotecnología de EUA, las tecnologías convergentes con la nanotecnología son particularmente "la informática, [y] la biología moderna [incluyendo la biotecnología]." (National Nanotechnology Initiative: from vision to commercialization. Washington, D.C. Abril de 2003.) Al igual que para el DdD, ETC Group indica que además de las listadas por la Iniciativa, se suman las neurociencias. (Consúltese: 2003. ETC Group. The Big Down: from genomes to atoms. Canadá)

(27) Según Siniscalchi, "...las tecnologías no-letales cubren un amplio rango de posibilidades, incluyendo armas biológicas y químicas, control de masas, así como armas exóticas de última generación... El DdD define como armas no-letales aquellas que están diseñadas explícitamente para incapacitar al personal o infraestructuras enemigas..." Entre las que se desarrollan están las armas químicas y biológicas no letales, las armas ópticas y acústicas, las de macro y micro ondas, polímeros y espumas inmovilizantes, armas de antimateria y de pulsos electromagnéticos, etcétera. (Véase: 2001. Siniscalchi, Joseph. "Nonlethal Technologies and Military Strategy" en Martell, William. The Technological Arsenal: emerging defense capabilities. Smithsonian Institution. Londres: 129-150)

(28) Abril de 2003. National Nanotechnology Initiative: from vision to commercialization. Washington, D.C. www.infocastinc.com

(29) Algunas de las áreas de investigación que impulsa la Iniciativa Nacional de Nanotecnología son: Nano máquinas y motores; Nanoestructuras para efectuar reacciones Catalíticas; Control Biomolecular de la formación de estructuras nanoelectrónicas y nanomagnéticas; Nanocomposites de polímeros para Sistemas de alta velocidad y espaciales; Nanosistemas de reconversión energética; nanofotones y Nanoelectrónicos Orgánicos; Caracterización de Elementos Nanométricos; Elementos, Instrumental y Sistemas; Computadoras e instrumental Cuántico; Síntesis, purificación y funcionalización de nanotubos de carbono; Reconocimiento Molecular y Señalamiento de Transducción en sistemas biomoleculares; Instrumental electrónico y Arquitecturas Nanométricas; Síntesis y Modificación de Nanoestructuras.

Entre otras que ha financiado la Agencia de Investigación y Desarrollo de Defensa (DARPA) están: Computadoras Biológicas y Amorfas, Materiales Nanomagnéticos; Intercomunicación de sistemas bio-info-físicos; Materiales, instrumental estructural, y microinstrumentos biomoleculares más allá del silicio, todos a escala nanométrica; Impresión molecular; Electrónicos moleculares; Nanotecnología y Formaciones cristalinas; Investigación Nanoeléctrica; Etcétera. (Febrero de 2000. DdD, Department of Defense FY 2001 Budget Estimates. RDTE Defense-Wide, vol. 1, DARPA)

(30) Ya se alerta sobre la posibilidad del uso de nanorobots como fuerzas para mantener el orden legal. En tal sentido, una nanopolicía podrían desencadenar, parafraseando a Drexler, un "blue goo".

(31) Para una discusión puntual sobre terrorismo de Estado y terrorismo internacional, véase: 2002. Delgado, Gian Carlo y Saxe-Fernández, John. Globalización del Terror, Amenaza Bioterrorista. Centro Marinello. Cuba.

(32) Un ejemplo clarificador de esa conexión cívico-militar es la del Nanobiotechnology Center (NBTC) de EUA que reúne a instituciones como la Cornell University, el Wadsworth Center (New York State Health Department), Clark Atlanta, Howard, Princeton, y varias Universidades de Salud y Ciencia de Oregón. Otras conocidas multinacionales por su posicionamiento en el negocio de la biotecnología, también cuentan con importantes centros de investigación en nanotecnología y nanobiotecnología. Caso de Monsanto o Syngenta.

(33) Según denuncia The Sunshine Project, "La patente estadounidense #6,523,478, otorgada el 25 de febrero de 2003, cubre un 'distribuidor de carga no letal lanzado por fusil' que está diseñado para lanzar aerosoles, entre esos, según la patente, 'agentes de control de motines, agentes biológicos, (y) agentes químicos'." (Véase: Mayo de 2003. Sunshine Project. "Ejército de EEUU patenta granada para lanzar armas biológicas" EcoPortal. Argentina. Disponible en: www.ecoportal.net)

NÓMADAS