

NANOMACHINES: PAST, PRESENT AND FUTURE

NANOMÁQUINAS: PASADO, PRESENTE Y FUTURO

PhD. Alberto Bocanegra Díaz, PhD. Rosemary Ochoa Bejarano

Universidad de Pamplona

Grupo de Investigaciones en Transporte Molecular (GITRAM)
Ciudadela Universitaria, Km 1 vía Bucaramanga, Colombia
gitram@unipamplona.edu.co

Abstract: A discussion is made in connection with the novelty of the nanomachines, the risks, benefits and challenges that it contains its construction. Results are presented in the construction of the nanotruck and some novel proposals for the construction and the use of nanomachines.

Resumen: Se hace una discusión en relación con la novedad de las nanomáquinas, los riesgos, beneficios y desafíos que encierra su construcción. Igualmente se presentan resultados en la construcción del nanocamión y algunas propuestas novedosas para la construcción y uso de nanomáquinas

Keywords: Nanomachines, Nanoscience, Nanotechnologic, Nanotruck, Ciclodextrines, Ferrites.

1.0 MÁQUINAS DEL PASADO

El universo conocido por el *homo sapiens* está conformado por nanomáquinas del pasado que le acompañan en el presente y lo proyectan al futuro.

Un bacteriófago, por ejemplo, es una nanomáquina compuesta por una cubierta proteica en forma de recipiente, unida a un tubo que a su vez se encuentra enlazado a fibras en forma de extremidades (Figura 1).

En el recipiente se conserva ARN o ADN (Buczyner, 2005), hasta que los mecanismos de detección y fijación de la nanomáquina muestra que ha llegado a un hospedero (una bacteria) adecuado y entonces inyectan su carga de ARN o ADN para que el hospedero, haciendo uso de su propio sistema reproductivo, multiplique la nanomáquina.

El hospedero del ARN o el ADN de un bacteriófago es una bacteria, que a su vez es una organización de nanomáquinas de acción complementaria, en la cual el ribosoma es la nanomáquina encargada de crear, molécula a molécula, las proteínas que mantienen viva la bacteria.

Esta es una máquina que, en las bacterias, consta de dos partes auto acopladas, una pequeña (30S) y otra grande (50S) que permiten la formación de proteínas a través de la unión de aminoácidos de acuerdo a las indicaciones del ARN (Cate y col., 1999) (Figura 2), es decir, no solo se trata de una nanomáquina ensambladora de moléculas si no que además es perfectamente programable.

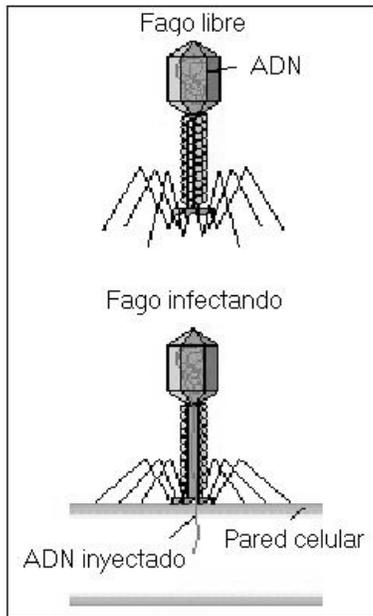


Fig. 1. Esquema de la estructura del Bacteriófago T4 (tomado de R. S. Edgar y R. H. Epstein, 1965)

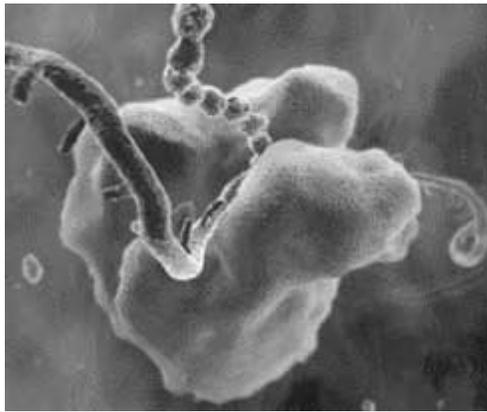


Fig. 2. Micrografía del ribosoma formando una proteína (Frank, 2005)

La bacteria también se desplaza haciendo uso de nanomáquinas llamadas flagelos, compuestas por una paleta, un rotor y un motor (Figura 3)

Pero el motor del flagelo requiere de ATP como combustible para poder mover los flagelos y el combustible se forma en otra nanomáquina que se encuentra en el interior de la bacteria: la ATPasa.

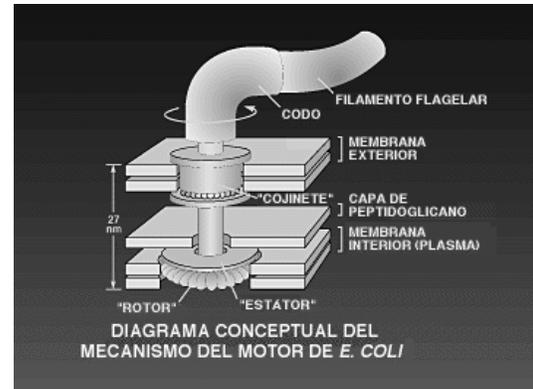


Fig. 3. Diagrama del mecanismo de motor flagelar (Escuain, 2001)

Esta nanomáquina funciona con energía química proveniente del flujo de protones que atraviesan de la máquina (Lestón y col., 1998) (Figura 4).

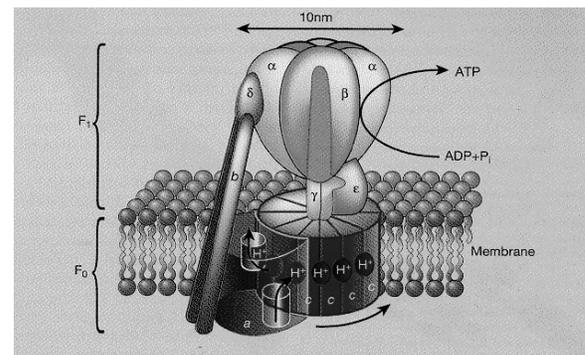


Fig. 4. Esquema del funcionamiento de la ATPasa (Schnitzer, 2001)

Puede entonces percibirse que la novedad de la nanotecnología no estriba en manipular átomo a átomo la materia (Eigler y Schweizer, 1990) si no en retomar el control de las nanomáquinas para realizar esa labor.

2.0 NANOMÁQUINAS DEL PRESENTE

Como las propiedades de la materia dependen de la forma como se encuentren organizados los átomos que la conforman, el poder de quien controle las nanomáquinas que construyan la materia átomo por átomo, es incalculable.

En este sentido, Eigler y Schweizer (Eigler y Schweizer, 1990) ya consiguieron la manipulación átomo por átomo para formar el logotipo de la IBM usando un microscopio de fuerza atómica, pero esta hazaña se encuentra lejos de las realizadas por los ribosomas en la construcción de proteínas.

Si el desafío es construir nanomáquinas que puedan ser controladas por el ser humano, la más sencilla de ellas es la nanobalanza (Nanobalance, 2005) resultante de la aplicación de los nanotubos (Figura 5).

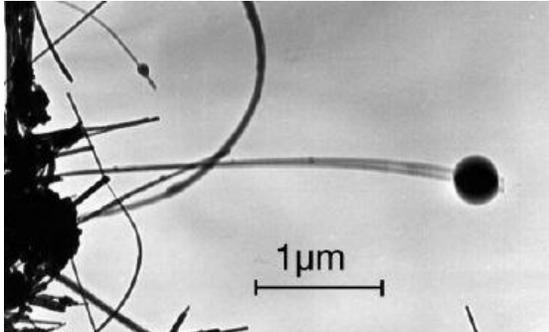


Fig. 5. Nanobalanza formada por nanotubos de carbono (Nanobalance, 2005)

Otras nanomáquinas controladas por el ser humano son los dispositivos nano electromecánicos obtenidos mediante el uso de técnicas litográficas y rayos de electrones (Craighead, 2000).

Estos dispositivos (Figura 6) pueden ser usados para detectar pequeñas fuerzas derivadas de pequeños campos magnéticos o sistemas resonantes nanomecánicos e inclusive dispositivos de camuflaje, entre otras múltiples aplicaciones.

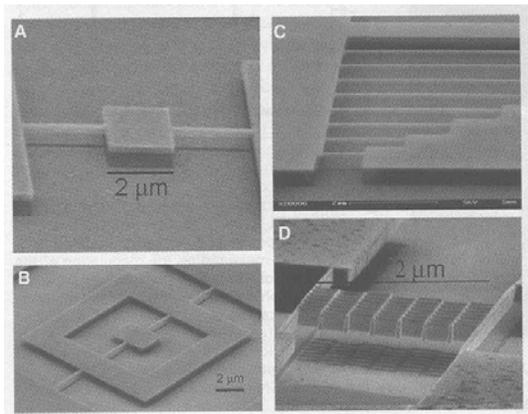


Figura 6. Dispositivos nano electro mecánicos (Craighead, 2000).

Aun cuando los dos ejemplos inmediatamente anteriores cumplen con las características de ser máquinas de tamaño nanométrico, su simplicidad extrema aunada al hecho de permanecer fijos sobre una superficie, les resta habilidades para el propósito final de la nanotecnología.

Un significativo adelanto se logró mediante una gran demostración de tecnología e ingenio por parte de Soong y colaboradores (Soong y col. 2000) quienes han conseguido construir un nanocoptero (Figura 7) en el cual un motor biológico mueve aspas metálicas haciendo uso de un combustible químico.

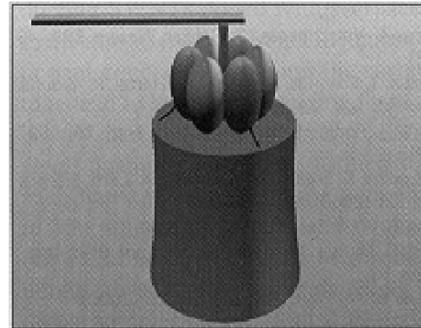


Fig. 7. Nanocoptero formado por un motor de ATP asa y una aspa de Ni. (Soong y col. 2000)

La máquina aún permanece sujeta a un soporte pero ya se tiene control sobre sus movimientos por medio del suministro de combustible.

Una máquina con tres grados de libertad de movimiento y control humano externo, es el nanocamión que ha sido construido por Bocanegra y colaboradores (Bocanegra y col., 2004).

El nanocamión consta de un motor formado por nanopartículas de ferrita NiZn y un recipiente para el transporte de carga (moléculas de ciclodextrina enlazadas a la ferrita) (Figura 8).

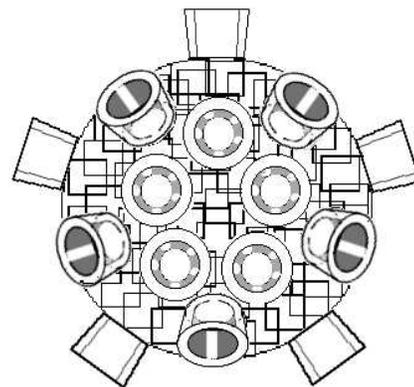


Fig. 8. Representación esquemática del nanocamión. La partícula magnética es representada por la esfera cuadrículada sobre la que reposan las ciclodextrinas, representadas por los conos. (Bocanegra y col. 2004)

La característica más relevante de esta nanomáquina es la facilidad con que pueden ser substituidas las moléculas en el compartimiento de carga del nanocamión. Este nanocamión puede ser usado para transportar moléculas con actividad biológica a cualquier parte del cuerpo, siendo controlada externamente por la presencia de un campo magnético. Aun cuando el nanocamión es un gran adelanto en relación con las máquinas simples que fueron mostradas arriba, aún se encuentra lejos del ideal de la nanomáquina que manipula la materia átomo por átomo.

3.0 NANOMÁQUINAS DEL FUTURO

Mucha ciencia-ficción circula en relación con las nanomáquinas. La agencia norteamericana NASA, por ejemplo, desde el 14 de enero del 2002 ha prometido una serie de nanomáquinas que mantendrán el cuerpo de los astronautas que sean enviados al planeta Marte, en perfecto estado de salud, detectando las enfermedades aun en su forma incipiente y auto medicándolas (Nanocirujanos, 2002) sin que hasta la fecha hayan reportado resultados positivos al respecto. Igualmente abundan las páginas en la WEB que pregonan las mil y una maravillas que pueden lograrse con la nanotecnología, pero no pasan de ser especulaciones sin fondo científico sólido.

Alcanzar la meta de manipular la materia átomo por átomo teniendo control en el proceso es una labor que requiere posiblemente miles de millones de nanomáquinas programables que cumplan labores complementarias, como puede percibirse que ocurre en la naturaleza. Así, se quiere transformar carbón mineral en compuestos orgánicos de interés comercial y que de entre los compuestos se elige la producción de benceno, por la gran similitud de la estructura del mismo con la del grafito.

Si la nanomáquina consigue producir sesenta moléculas de benceno por segundo, necesitaría 329×10^{12} años para producir 78 g de benceno. Una enorme cantidad de tiempo. Por lo mismo, debe pensarse en que las nanomáquinas sean construidas por auto ensamble de las partes. Philp y Stoddart (Philp y Stoddart, 1996) han mostrado como la ciencia ha conseguido imitar a la naturaleza en el autoensamble de moléculas que a su vez pueden formar nuevas e interesantes estructuras. Una vez las máquinas estén ensambladas, es necesario suministrarles energía y controlarlas. Joachim y colaboradores (Joachim y col., 2000) consideran

que moléculas conductoras como las presentadas en la figura 8(a) pueden ser usadas como nanocables conductores de electricidad para alimentar las nanomáquinas que pueden ser controladas mediante radiación visible o ultravioleta, como se muestra en la figura 8(b) (Frayse y col, 2000).

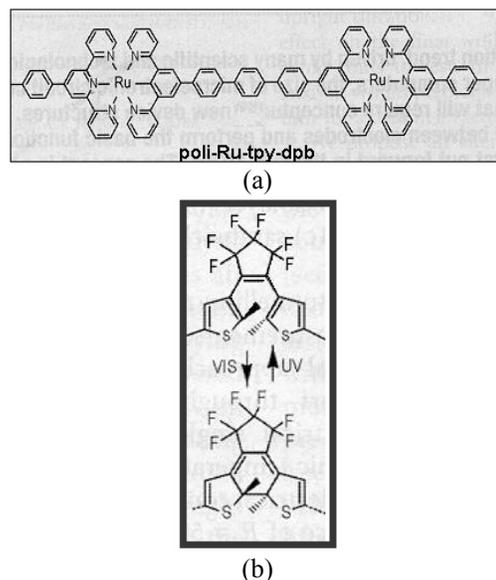


Fig. 8. (a) Nanocable para conducción de electricidad y (b) nanointerruptor para el control del flujo de corriente por el nanocable.

Teniendo la máquina, los cables para suministrarle electricidad y el interruptor para controlarla, aun queda pendiente el suministro de energía. Bocanegra y colaboradores (Bocanegra y col, 2003) han dado un primer paso en ese sentido al colocar un nanomagneto en una molécula cavitante (Figura 9), mostrando así la posibilidad de crear nanogeneradores de energía eléctrica para alimentar la nanomáquina.

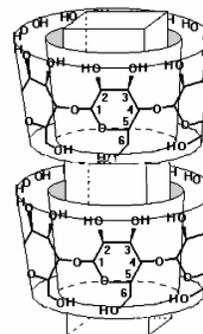


Fig. 9. Nanomagneto incluido en una molécula de ciclodextrina. Esta disposición es semejante a la necesaria para obtener un nanogenerador de energía.

Una vez las máquinas ensambladas, con suministro de energía eléctrica y adecuadamente controladas mediante interruptores, el verdadero desafío será programarlas para que cumplan con las labores que se les encomiende. Para esta parte del problema aun no parece haber respuestas pero es claro que antes de poder considerar la nanociencia como una nanotecnología, es necesario solucionar esta dificultad. Retomando la nanomáquina productora de benceno, es una nanomáquina peligrosa para los seres vivos pues, de quedar en libertad y reproduciéndose a voluntad, podría atacar a aquellos seres cuya estructura se encuentra formada por moléculas a base de carbono, es decir, los seres vivos que pueblan la tierra, puesto que para eso fue fabricada: transformar carbón en benceno.

4.0 CONCLUSIONES

El camino hacia la nanotecnología está trazado. Algunos importantes logros tecnológicos ya han sido alcanzados pero todavía no se sale de la etapa de nanociencia. Con todo, es necesario considerar que no conviene crear nanomáquinas autoreproductoras que puedan quedar en libertad pues atentarían contra la permanencia de la vida orgánica en el planeta.

Es posible que en un futuro no muy lejano, poseer tierras o dinero no sea sinónimo de riqueza, pues con nanomáquinas apropiadas se podrá crear todo lo necesario para la subsistencia y comodidad del ser humano a partir de elementos disponibles en forma silvestre.

Cuando la nanociencia de hoy llegue a su mayoría de edad y se convierta en nanotecnología, la humanidad habrá superado el precepto bíblico de ganar el pan con el sudor de la frente y entonces deberá buscar actividades físicas y mentales nuevas y diferentes para llenar sus días libres de la obligación de trabajar físicamente para comer y vivir.

REFERENCIAS

- Bacteriofago: http://www.qb.fcen.uba.ar/microinmuno/Se_minarioBacteriofagos_archivos/image001.gif, consultado en febrero 18 del 2005
- Bocanegra-Diaz, A., Mohallem, N.D.S., Sinisterra, R.D.; (2003), Preparation of a ferrofluid Using Cyclodextrin and Magnetite, *J. Braz. Chem. Soc.*, **Vol 14**, 936-941
- Bocanegra-Diaz, A., Mohallem, N.D.S., Sinisterra, R.D.; (2004), Cargadores De Fármacos Magnéticamente
- Dirigibles: Una Nueva Oportunidad Para Mantener La Dignidad De Los Enfermos De Cáncer, *Clon*, **Vol 3**, 77-86
- Buckzyner, M.
<http://www.monografias.com/trabajos5/virus/virus.s.html>, consultado en feb 23 del 2005
- Cate, J. H., Yusupov, M. M., Yusupova, G. Zh., Earnest, T. N. and Noller, H. F.; (1999), X-ray crystal Structure of 70S Ribosome functional complexes, *Science*, **Vol. 285**, 2095-2104
- Craighead, H. G.; (2000), Nanoelectromechanical Systems, *Science*, **Vol 290**, 1532-1535,
- Edgar, R. S. y Epstein, R. H., (1965) "The Genetics of a Bacterial Virus." Copyright by Scientific American, Inc.
- Eigler, D.M. and Schweizer, E.K.; (1990), Positioning single atoms with a scanning tunnelling microscope, *Nature*, **Vol 344**, 524-526
- Escuain, Santiago:
<http://www.sedin.org/propep/flagellum.html>, 2001. Consultado en febrero 23 del 2005
- Frank, "Una técnica muestra el movimiento progresivo de los ribosomas"
<http://www.hhmi.org//news/Frank-esp.html>, consultado en febrero 20 del 2005
- Frayse, S., Coudret, Ch. Launay, J.P., (2000), Synthesis and Properties of Dinuclear Complexes with a Photochromic Bridge: An Intervalence Electron Transfer Switching "On" and "Off", *Eur. J. Inorg. Chem.*, 1581-1590
- Joachim, C., Gimzewski, J.K, Aviram, A., (2000), Electronics using hybrid-molecular and mono-molecular devices, *Nature*, **Vol 408**, 541-548
- Macnab, R. (1978), «*Bacterial Mobility and Chemotaxis: The Biology of a Behavioral System*», CRC Critical Reviews in Biochemistry, 5, 1978, págs. 291-341.
- Nanobalance:
<http://www.aip.org/physnews/graphics/html/nanobal>, consultado en febrero 20 del 2005
- Nanocirujanos: (2002)
http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2002/15jan_nano.htm, consultado en febrero 19 del 2005
- Nanomachines: <http://www.def-logic.com/articles/nanomachines.html>, consultdo en febrero 19 del 2005
- Philp, D. And Stoddart, J.F.; (1996), Self-Assembly in Natural and Unnatural systems, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, **Vol, 33**, 1154-1196
- Schnitzer, M.J. ; (2001), Doing a rotary two-step, *Nature*, **Vol. 410**, 878-881
- Soong, R.K., Bachand, G.D., Neves, H. P., Olkhovets, A. G., Craighead, H.G, Montemagno, C.D., (2000), Powering an inorganic Nanodevice with a Biomolecular Motor, *Science*, **Vol 290**, 1555-1558