

## Viaje al nanocosmos

---

La historia de la Tecnología es el vivo reflejo de las necesidades y las inquietudes humanas, al amparo de los límites fijados por las leyes físicas. En los albores de este milenio estamos asistiendo al impulso de la más revolucionaria de las tecnologías, esa que nos proporciona pequeñas soluciones – entiéndase de tamaño - a algunos de los más grandes problemas de la humanidad. ¡Bienvenidos al nanocosmos!

### **Una mirada indiscreta a la materia**

Para el Principito de Antoine de Saint-Exupéry, “lo esencial es invisible a los ojos”. Y lo esencial de la materia también es invisible a los ojos, pero no a las miradas curiosas. Estas líneas representan una mirada hacia esas partes más íntimas de la materia. Es en este territorio donde habitan átomos y moléculas y la medida oficial es el nanómetro, o lo que es lo mismo, una mil millonésima parte del metro.

Imagine disociar un cuerpo humano en los bloques fundamentales que lo componen. Nos encontraríamos con hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, carbono, calcio y pequeñas fracciones y trazas de muchos otros elementos químicos. El coste total de estos materiales sería inferior al de un par de zapatos. ¿Valemos tan poco los humanos? ¡Evidentemente no!

“Carbón y diamantes, cáncer y tejido sano: a través de la historia, las variaciones en la disposición de los átomos han distinguido lo barato de lo valioso, lo enfermo de lo sano”. Así empezaba Eric Drexler su libro “Maquinas de creación” del año 1986. Efectivamente, el valor no está en los propios átomos, sino en la disposición de los mismos. Sería entonces maravilloso contar con una tecnología que nos permitiese mover los átomos, reordenarlos a voluntad. ¡La Nanotecnología es la tecnología que lo hace posible! Es una ingeniería a escala atómica y molecular. Hoy podemos asomarnos al nanocosmos para “mirar” los átomos e incluso “tocarlos y moverlos”. Como consecuencia, por primera es posible diseñar y construir materiales “a la carta”, con propiedades controladas y para fines específicos.

### **Cruzando la barrera de lo invisible y lo manipulable**

El tamaño de las moléculas o agrupaciones de átomos oscila alrededor del nanómetro. En este caso, el microscopio convencional ya no es suficiente para poder observarlos. Se necesitan técnicas de “visualización” indirecta, como son la difracción de Rayos-X y los microscopios de sonda de barrido.

En la difracción de rayos-X, los rayos bombardean la materia. Al chocar contra la misma rebotan, salen dispersados. Es lo que se conoce como difracción. Del análisis de estos rayos rebotados o difractados tratamos de averiguar el tipo de átomos y la distribución de los mismos en el espacio. En cierto modo, la difracción de rayos-X nos recuerda al sistema de “visualización” utilizado por algunos seres vivos. Ciertos animales, como el delfín o el murciélago, tienen la capacidad de emitir unos sonidos y analizar los ecos resultantes de interceptar la onda sonora con un objeto. Esto les

permite orientarse en condiciones de absoluta oscuridad y “visualizar” su entorno con gran precisión, fenómeno conocido como “ecolocalización”.

Por lo que respecta a los microscopios de sonda de barrido, éstos guardan similitudes con el método Braille de lectura de los ciegos, un método de lectura táctil basado en la sustitución de las letras por puntos en relieve, igualmente invisibles a sus ojos, pero sensibles a las yemas de los dedos. La esencia de los microscopios de sonda de barrido es una punta extremadamente fina, que permite “ver” e incluso “tocar” los átomos confinados en una superficie. Al barrer la superficie, esa punta se comporta como una sonda o sensor, capaz de “palpar” los átomos e informarnos de su distribución sobre la superficie. Evidentemente, para poder “palpar” los átomos y evitar el problema de los “dedos gordos”, la punta debe ser lo suficientemente fina. En realidad, la punta está formada por sólo unos pocos átomos.

Pero más allá de la simple visualización, ¡estos instrumentos nos permiten la manipulación atómica! Le propongo un sencillo experimento. Coja un papel y pártalo en trozos pequeños. Coja un lápiz y frote la punta. Acerque entonces la punta del lápiz a los papelitos. ¿Qué ha sucedido? ¡Sorpresa! La punta del lápiz se ha cargado eléctricamente y actúa como una pinza, capaz de sujetar a los trozos de papel. Y quizás se pregunte qué tiene que ver este experimento con la Nanotecnología. Pues bien, si a la punta de ese microscopio de sonda de barrido, capaz de “palpar” los átomos (método de visualización), se le aplica una corriente eléctrica o potencial, la punta se comporta como una pinza, capaz de coger a los átomos y moverlos a voluntad (método de manipulación). ¡Nos adentramos en una ingeniería a escala atómica, donde los ladrillos son los átomos y moléculas!

### **Nanotecnología al servicio de la salud humana**

Puesto que el cuerpo humano es básicamente un sistema extremadamente complejo formado por moléculas que interaccionan, no es de extrañar que la tecnología necesaria para verdaderamente entender y reparar el cuerpo humano deba trabajar en la nanoescala. Es así como emerge la Nanomedicina.

Imagine una escena de la película “El Viaje Fantástico”. Una pequeña nave - mucho más pequeña que una célula humana - dando tumbos a través de la corriente sanguínea de un paciente, a la caza de células enfermas para penetrar sus membranas e inyectarles precisas dosis de medicinas. Sólo que esto no es Hollywood. Es Ciencia real. La seductora promesa de entregar fármacos directamente a las células cancerígenas, dejando intactas a las sanas y evitando así los devastadores efectos secundarios de la quimioterapia, es hoy una realidad gracias a mensajeros que toman la forma de nanopartículas, redes de polímeros o incluso chips. Se conoce como liberación inteligente de fármacos.

Pero no sólo es posible transportar fármacos, sino también material genético. Hay muchas enfermedades de origen genético, entre las que se encuentran algunas enfermedades hereditarias. Una terapia muy prometedora al respecto es la terapia génica. Consiste en la introducción de un gen defectuoso o ausente en el genoma de un individuo, con la finalidad de eliminar los síntomas de la enfermedad asociada. Para que esto sea posible hay que disfrazar al gen curativo, de modo que al introducirlo en el organismo los anticuerpos no entiendan que es un cuerpo extraño y lo destruyan; se están ensayando nuevos sistemas de liberación inteligentes, capaces de transportar con éxito ADN y su ARN a diferentes células del cuerpo.

Y si las terapias están experimentando cambios drásticos, el diagnóstico no se queda atrás. De la mano de la Nanotecnología nos adentramos en la era del diagnóstico molecular, sofisticado y preciso, que hace posible identificar enfermedades en sus estudios iniciales, cuando la enfermedad todavía puede ser fácilmente abolida.

Estos y otros logros de la Medicina han permitido aumentar nuestra esperanza de vida. Pero nuestros órganos y tejidos están programados para una duración limitada. Por otra parte, un accidente sacude en ocasiones nuestras vidas. Resulta paradójico ver como tenemos piezas de recambio para nuestro vehículo, pero no para el propio cuerpo humano. El trasplante de órganos es hoy una técnica suficientemente desarrollada. El gran problema radica en la escasez de los mismos. ¿Qué sucedería si en lugar de esperar por un donante, que quizás nunca llegue, fuésemos capaces de crear órganos y tejidos artificiales?

Ciertos materiales nanoestructurados permiten el crecimiento controlado de tejidos y órganos artificiales. Estos materiales actúan como factores de crecimiento, persuadiendo a las células para que se depositen sobre ellos. Actúan al mismo tiempo como molde o andamio, definiendo la forma al forzar a las células a aglutinarse con una distribución específica. Y puesto que son biodegradables, una vez concluida su misión desaparecen y lo que resulta es un trozo de piel, un órgano o un tejido funcional. Mientras que las prótesis tradicionales estaban diseñadas para ser inertes, ahora hay cada vez una más tendencia hacia los materiales bioactivos y bioadaptados, que cooperan con los tejidos vivos más que ignorarlos.

### **Hacia el hombre biónico**

El cuerpo humano tiene una capacidad finita de auto-reparación: nos puede crecer una nueva uña, pero no un dedo, una mano o una pierna completa. Necesitamos entonces una prótesis artificial. Pero hoy ya no nos conformamos con las prótesis rígidas y pasivas de antaño. Queremos prótesis dinámicas y que interactúen con nuestros sentidos. Queremos que el amputado de un brazo sea capaz de mover sus dedos y coger una taza con su prótesis artificial, llegándole la orden directamente desde su mente. Una fascinante disciplina, conocida como Biónica, lo está haciendo posible.

“Podemos reconstruirle. Tenemos la tecnología. Tenemos la capacidad para hacer realidad el primer hombre biónico del mundo”. Así comenzaba la popular serie televisiva americana de los años 70, conocida como “El hombre de los seis millones de dólares”. La trama giraba en torno a Steve Austin, un astronauta y piloto que sufre un fatal accidente durante un vuelo, como resultado del cual los médicos deben amputarle ambas piernas y el brazo derecho, perdiendo también la visión de un ojo a causa de una infección. La película mostraba la reconstrucción de su cuerpo con implantes biónicos, que él podía controlar con su mente. En aquel tiempo estas ideas eran pura fantasía, pero en nuestros días comienzan a hacerse realidad.

Hace mucho tiempo que se esclareció el modo en el que se comunica nuestro cerebro con las diferentes partes del cuerpo. Cuando usted quiere pasar una página de este relato impreso, sólo tiene que pensar en ello. La orden viaja entonces a través del sistema nervioso, desde las neuronas de su cerebro a la mano, en forma de impulsos eléctricos. Como resultado, la mano y sus dedos se mueven y pasan la página. La aproximación de la Biónica pasa por incorporar un conjunto de electrodos a las prótesis artificiales, los cuales se conectarían directamente con el sistema nervioso. De esta forma, el flujo de información originado en nuestro cerebro podría extenderse más allá de nuestro cuerpo

biológico, llegando a las prótesis artificiales y activando el movimiento de las mismas y de sus diferentes partes. La integración hombre-máquina comienza a hacerse realidad uniendo tecnología informática avanzada con el sistema nervioso, a través de diminutos electrodos. De ahí la necesidad de la Nanotecnología.

Algo similar ocurre con los implantes de retina. En los laboratorios se ensaya la construcción de retinas artificiales, provistas de electrodos, cada uno de los cuales se asemeja de alguna manera a los píxeles de una pantalla de ordenador. Por lo tanto, a mayor número de electrodos, mayor será la agudeza visual. Para lograr la hazaña de una retina artificial con suficiente resolución, los actuales grupos de electrodos deben ser entonces reducidos en tamaño y aumentados en número varias órdenes de magnitud. Esto pone una vez más de manifiesto el importante papel que la Nanotecnología debe jugar al respecto.

### **Nanotecnología para las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación**

Hace uno sesenta años comenzó esta gran revolución tecnológica, la revolución digital. El 23 de septiembre de 1947 había un solo transistor en el planeta. Acaban de inventarlo en los laboratorios Bell. El transistor es un dispositivo que regula el paso de corriente (pasa – no pasa). Es el corazón de los chips de nuestros ordenadores en lo que se refiere al procesamiento de datos. Hoy en día, hay alrededor de 10.000.000.000.000.000 (10<sup>19</sup>) transistores en la Tierra. Y este número se duplica aproximadamente cada 18 meses, cumpliéndose así las predicciones de Moore, cofundador de Intel. Este crecimiento del número de transistores va acompañado de una reducción en el tamaño de los mismos. Es precisamente esta reducción la que permite incorporar mayor número de transistores en un chip y así aumentar la capacidad de procesamiento de nuestros ordenadores y dispositivos electrónicos. Esta miniaturización progresiva no hubiese sido posible sin la intervención de la Nanotecnología. Quizás las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación sean el ejemplo más representativo de esta carrera hacia lo más pequeño.

Recientemente, los investigadores han comenzado a explorar modos de usar moléculas o grupos de moléculas para almacenar datos. Las memorias moleculares descansan en la posibilidad de un sistema molecular capaz de presentar dos configuraciones o estados estables, que pueden entonces ser usados para simbolizar los estados 0 y 1 del código binario de almacenamiento de datos.

Y si hay una molécula tentadora como dispositivo de memoria molecular es el ADN. El ADN de una bacteria almacena aproximadamente un megabyte de información y el de una célula humana en torno al gigabyte. La diferencia viene dada porque una célula humana contiene mil veces más ADN que la bacteria. En este momento, Google está indexando aproximadamente cuatro mil millones de páginas web. Si estimamos el tamaño medio de una página en 125 kilobytes, el total asciende a aproximadamente medio petabyte (500 terabytes). Si se almacenara en ADN, la totalidad podrían caber en un cubo de 150 micras, el tamaño de un grano de arena fina, o en otras palabras, una mota apenas visible por el ojo humano. Los científicos están comenzando a explorar estas prometedoras posibilidades.

## **Convergencia en la nanoescala**

El pasado suele ser un prólogo del futuro. Podríamos resumir la Ciencia y la Tecnología del siglo XX en cuatro palabras: átomo, gen, bit y neurona. Ello nos permite entender el auge actual de estas cuatro disciplinas: Nanotecnología, Biotecnología, Ciencias de la Información y Ciencias Cognitivas. En nuestros días, estas disciplinas convergen en la nanoescala, como hemos podido comprobar a lo largo de este relato. Se habla entonces de convergencia NBIC (Nano – Bio – Info - Cogno). En nuestro intento de incidir en este esquema NBIC, no demos dedicado un apartado específico a otras fascinantes soluciones que nos llegan desde la nanoescala. Así, si bien a nivel individual nos preocupa la salud humana, a nivel colectivo nuestras preocupaciones se dirigen hacia un desarrollo sostenible del planeta. Novedosos nanomateriales permiten captar la radiación solar en todo su espectro electromagnético, aumentando así la eficiencia de las celdas fotovoltaicas. Materiales de carbono como los nanotubos o el grafeno nos permiten almacenar de forma segura el hidrógeno, un prometedor combustible ecológico. Otras combinaciones de átomos dan lugar a los LEDs, bombillas ecológicas de bajo consumo.

## **Nanoconclusión**

¿Qué más nos deparará la Nanotecnología? Se dice que la Nanotecnología traerá consigo una nueva revolución industrial. La primera revolución industrial transformó nuestras vidas. A nivel individual, dobló la esperanza de vida media; a nivel de estado, hizo posibles civilizaciones verdaderamente globales. ¿Serán posibles cambios similares con la Nanotecnología? El Premio Nobel de Física Horst Störmer sostenía: “La Nanotecnología nos proporciona las herramientas para experimentar con la más vasta caja de juguetes: los átomos y las moléculas; a partir de ahí, la posibilidad de crear cosas nuevas parece ilimitada”. La Nanotecnología ya tiene fascinantes productos en el mercado, aunque bien es cierto que otros todavía están en un estado latente, bien sea en los laboratorios o en las pantallas de ordenador de los científicos teóricos. Lo mejor está aún por llegar. ¡El fascinante viaje al nanocosmos continúa!

## Bibliografía y fuentes de información

---

- *Una revolución en miniature. Nanotecnología al servicio de la humanidad.*  
Amador Menéndez Velázquez (2010). Ed. Bromera -Universidad de Valencia.
- *Nanotechnology for the Energy Challenge.*  
Javier Garcia-Martinez (2010). Wiley VCH.
- *La danza de las moléculas: cómo la nanotecnología cambia nuestras vidas.*  
Ted Sargent (2007). Espasa – Calpe.
- *Nanoconvergence. The Unity of Nanoscience, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science.*  
Williams Sims Bainbridge (2007). Prentice Hall.
- *Engines of Creation.*  
K. Eric Drexler. (1986). Anchor Books/Doubleday.