

La Revolución de lo Nano...

*Juan-C. Díaz, Ma. Angélica González, Manuel Villarreal,
Hebert Lobo, Jesús Rosario, Gladys Gutiérrez, Jesús
Briceño, Sergio Díaz*

Revista Electrónica Quimer@

Depósito Legal: ppi201302TR4259

Volumen 2

Numero 1

Rev. Electr. Quimer@

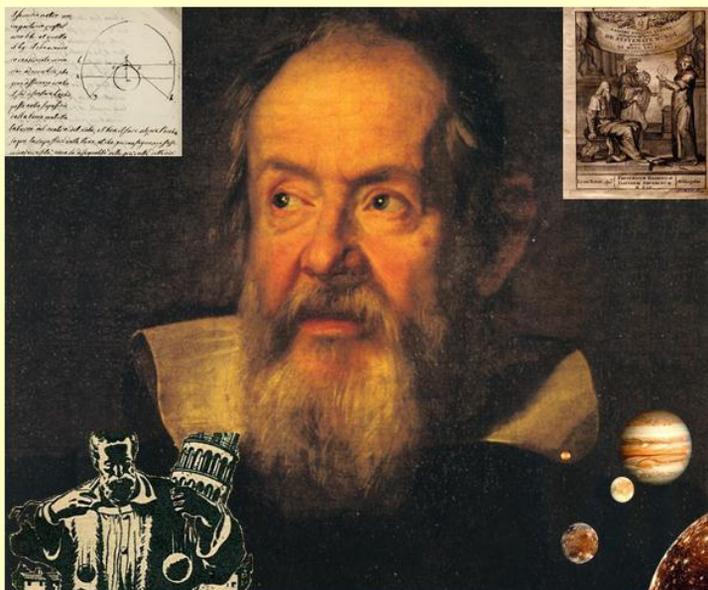
(2014) 2: pag 5-13



Revista Electrónica Quimera

REQuimer@

2014



Revista Electrónica Quimer@
Deposito Legal: ppi 201302TR4259
Volumen 2, No. 1, pag 1-56, enero-junio/2014
<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/quimera>



Revista Electrónica Quimer@
2014

LA REVOLUCIÓN DE LO NANO...

Juan-C. Díaz^{1,2,*}, Ma. Angélica Gonzalez², Manuel Villarreal², Hebert Lobo², Jesús Rosario², Gladys Gutierrez², Jesús Briceño², Sergio Díaz²,

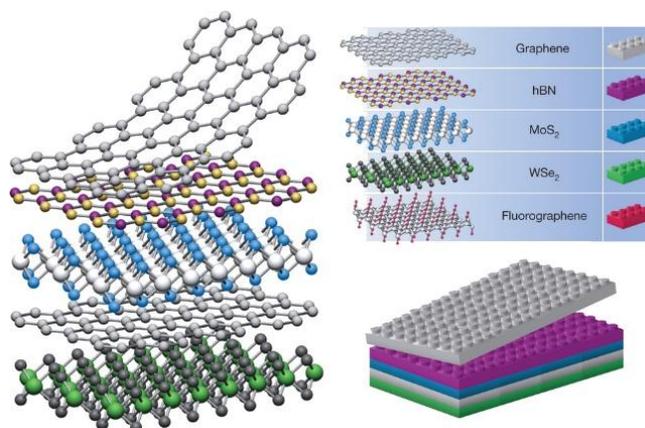
¹Dpto. Biología y Química, Núcleo Universitario Rafael Rangel, Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela

²Grupo de Investigación Científica y de Enseñanza de la Ciencia. Universidad de los Andes, Trujillo, Venezuela.

*e-mail: juand@ula.ve



Con esta Publicación queremos como Grupo de Investigación adscrito al NURR de la ilustre Universidad de Los Andes, suscribirnos a esta importante iniciativa patrocinada por la UNESCO y la International Year of Crystallography 2014



5

RESUMEN

La disminución del tamaño de un material hasta el nivel nanométrico lleva consigo una modificación muy profunda en sus propiedades que conduce a la aparición de una serie de comportamientos singulares que no se encuentran en el material macroscópico. La combinación del tamaño y las propiedades inusuales de los materiales da a lugar a una amplia variedad de aplicaciones tecnológicas en campos diversos. El avance en el estudio de los nanomateriales se encuentra estrechamente ligado al desarrollo de nuevas técnicas y/o métodos que nos confieran información acerca de su naturaleza. Uno de los factores claves en el estudio de este tipo de materiales es el conocimiento de su estructura. Conocer la estructura de un material permite comprender sus propiedades. Correlacionar propiedades y estructura es una herramienta esencial en el desarrollo de los nuevos materiales con las propiedades deseadas. En un período muy corto de tiempo y con el desarrollo de nuevas técnicas instrumentales y de simulación, lograremos lo que Feynman sugirió: manipularemos la materia desde los átomos y moléculas, tal como un nanolego.

Palabras Claves: Nanociencia, nanopartículas, nanotecnologías, nanolego.

THE NANO REVOLUTION...

Downsizing of a material to the nanometer level involves a very profound change in properties leads to the occurrence of a unique set of behaviors which are not found in the macroscopic material. The combination of the size and the unusual properties of the materials giving rise to a wide variety of technological applications in various fields. Progress in the study of nanomaterials is closely linked to the development of new techniques and/or methods which give us information about their nature. One of the key factors in the study of these materials is the knowledge of its structure. Knowing the structure of a material to understanding their properties. Correlating structure properties and is an essential tool in the development of new materials with desired properties. In a very short time and with the development of analytical techniques and simulation period, we will achieve what Feynman suggested, will manipulate matter from atoms and molecules, such as a nanolego.

Key words: Nanoscience, nanoparticles, nanotechnologies, nanolego

INTRODUCCION

El hombre moderno, *homo sapiens*, ha utilizado su inteligencia como punto de apoyo para constituirse en la especie predominante sobre la tierra. Entre los aspectos de esta inteligencia, ha sido su curiosidad, su capacidad de asimilar el entorno y utilizar herramientas para obtener beneficios directos del mismo (alimento), modificarlo y entre otras, producir herramientas. Hace 2.5 millones de años que el hombre manipulaba piedras para producir instrumentos cortantes. En aquel entonces, la precisión de golpeo seguramente permitía controlar la ruptura de la piedra con una precisión de unos pocos milímetros.

Desde entonces, las tecnologías adquiridas por los seres humanos siempre implicaban la manipulación de objetos de grandes dimensiones y rara vez surgía el interés por manipular objetos de tamaños inferiores al milímetro.

Hay que esperar hasta la llegada del telar desarrollado en Egipto en el siglo XV a.C. para encontrar una tecnología en la que el hombre está interesado en manipular y combinar fibras de plantas vegetales, hilos de seda... con dimensiones cercanas a la décima del milímetro. El control de las formas en objetos pequeños en joyería y orfebrería también data de esas épocas. Casi tres mil años después, con la llegada de la Edad Moderna, se despiertan de forma definitiva el interés por la Ciencia, por acumular todo tipo de conocimientos, por explorar el Universo, nuestro propio planeta, nuestro entorno y a nosotros mismos. Surgen teorías metodológicas y herramientas, y entre estas últimas el microscopio óptico, instrumento que nos permite profundizar hacia lo pequeño. Los hermanos Jansen (1595), Galileo (1608), Hooke (1665) y Leeuwenhoek (1673), entre otros contribuyeron al desarrollo de una tecnología que fue crucial para el ulterior desarrollo científico. Sin embargo, la longitud de la onda de la luz visible determina el límite inferior (poder de resolución) de la separación entre los objetos que pueden distinguirse con un microscopio óptico. Durante un largo tiempo, la exploración se detuvo en sistemas de dimensiones cercanas a la micra.

El descubrimiento del electrón por J.J. Thomson en 1897 usando su famoso tubo de rayos catódicos

representa un hito en la historia de la humanidad. De esto no hay duda ya que el desarrollo tecnológico experimentado durante el siglo XX, se ha basado de forma predominante en la capacidad del hombre para usar el electrón con el fin de transportar y almacenar energía, producir y recibir ondas electromagnéticas, y manipular corrientes de electrones moduladas o pulsadas capaces de transportar información. Ha sido el siglo de la *electrónica*, la ciencia que ha “domesticado” el electrón. Pero también ha sido el siglo de la *Mecánica Cuántica*. En particular, el principio mecanocuántico de la dualidad onda-partícula que permite utilizar electrones como sondas análogas a la luz y desarrollar potentes microscopios electrónicos que usan haces de electrones con gran energía cinética.

Desde el desarrollo del primer microscopio electrónico de transmisión (TEM, *Transmission Electron Microscope*) en 1931 por W. Knoll y E. Ruska, y el primer microscopio electrónico de barrido (SEM, *Scanning Electron Microscope*) en 1937 por M. Von Ardenne hasta nuestros días, el hombre ha sido capaz de seguir sumergiéndose más y más en búsqueda de lo pequeño, usando refinadas herramientas. Hoy en día el poder de la resolución logrado con un microscopio de transmisión es de unas pocas décimas de nanómetro (*HRTEM, High Resolution Transmission Electron Microscope*), lo que sin duda permite afirmar que la limitación de adentrarse a la nanoescala como observador, literalmente ha desaparecido (Figura 1) [1].

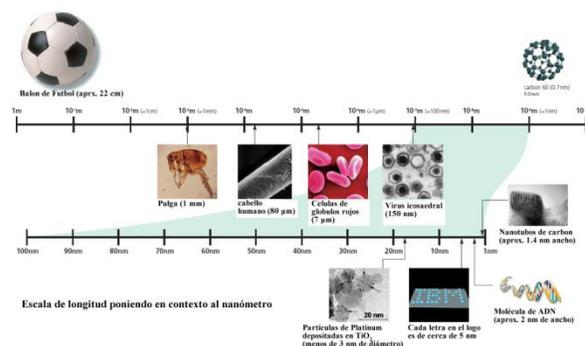


Figura 1. ¿Qué es un nanómetro? Este esquema permite sumergirse en la escala del nanomundo y comparar con los objetos tal como una hormiga

EL TAMAÑO SÍ IMPORTA...

El tamaño sí importa. La revolución de lo pequeño, de la nanotecnología, está en marcha. Tratar a las moléculas de una en una puede abrir puertas insospechadas en medicina, electrónica, industria, entre otros ámbitos de mucha relevancia para la humanidad. La realidad a ese nivel, presenta características muy distintas al macro mundo que podemos ver (Figura 2). Quizás el ejemplo más evidente es el impacto del manejo de lo nano en la electrónica (nano-electrónica). Es evidente, que la electrónica ha revolucionado nuestro estilo de vida y es consecuencia del manejo de lo pequeño, del concepto de miniaturización o integración aplicado a la misma. El incesante aumento de la capacidad de integración se ha visto reflejado en un continuo aumento de la velocidad de los procesadores, y de la capacidad de almacenamiento de las memorias de computadoras, disco duros, memorias flash, pendrive, así denominados. Esta tendencia fue vaticinada por G. Moore en 1965, cuando predijo que cada 12 meses aproximadamente, se doblaría el número de circuitos incluidos en un chip. Desde entonces, esta predicción (la denominada "Ley de Moore") se ha venido cumpliendo aproximadamente.

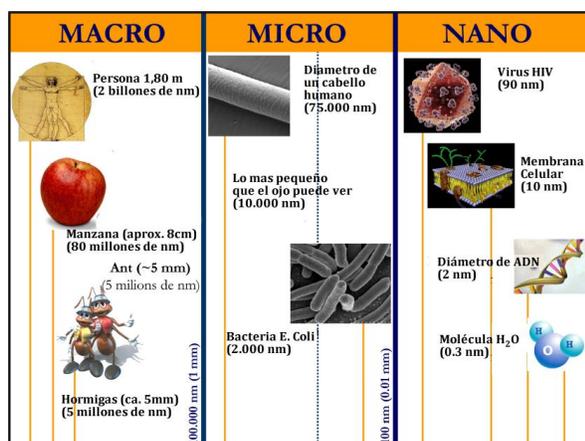


Figura 2. Desde el mundo macro hasta el micro

Sin embargo, expertos por todo el mundo, anuncian que tarde o temprano se deberá dejar de cumplir dicha ley debido a varios factores [2]. En primer lugar tenemos un factor limitador de tipo físico. La

tecnología actual basada en el uso de los semiconductores debe verse condicionada por el hecho de que la densidad de electrones en un semiconductor es relativamente baja, si se compara con la de un metal. Por ejemplo, típicamente solo hay un electrón disponible en 1000 nm³ de semiconductor. Es decir, de seguir el actual ritmo de integración con semiconductores, antes de 15 años nos encontraremos con dispositivos vacíos de electrones. Aparte de esta limitación, hay alguna más de origen físico, que no discutiremos ahora.

El segundo factor es de índole económica. A medida que la integración crece, los costes de las empresas para financiar la investigación previa (R&D), así como las nuevas técnicas de producción, caracterización, litografiado y ensamblaje, crece vertiginosamente. Cada nuevo paso en la integración, implica que hay que mejorar las ventas, para amortizar la inversión realizada. Esta amortización no suele reflejarse, drásticamente, en el precio del nuevo producto, mediante un aumento considerable en la producción de dichos elementos tecnológicos. De esta manera, cada vez más y más procesadores, memorias, entre otros dispositivos, están disponibles para ser integrados en otros equipos, instrumentos o herramientas, dando a lugar a la sociedad tecnológica (dependiente de la tecnología) que conocemos hoy en día. Sin embargo, los terribles costes de investigación y producción, así como las modificaciones de las condiciones del mercado y la cambiante economía, puede modificar sustancialmente lo planteado por Moore, mucho antes de que se llegue a la limitación de tipo física.

Sea cual sea la modificación de la Ley de Moore, lo que está claro, es que se necesitan alternativas que permitan seguir con la integración de los circuitos electrónicos de forma viable económicamente. Cualquiera que sea dicha alternativa, debemos estar preparados para trabajar en la escala del nanómetro, lugar natural hacia donde tiende una industria, que paulatinamente abandona el término de la microelectrónica sustituyéndola por la *nanoelectrónica*.

Nos encontraremos con los átomos y las moléculas, con la necesidad de manejarlos y disponerlos de forma que puedan realizar funciones específicas. Pero, ¿es esto posible? Esta pregunta ya se la

formuló R.P. Feynman (Premio Nobel de Física, 1965) en su célebre seminario impartido en 1959, titulado: *"There Plenty of Room at the Bottom"* ("Hay un montón de sitio al fondo") [3]. En esencia Feynman, venía a afirmar que la manipulación atómica no viola ninguna ley física y que el hecho de no poder llevarse a cabo era debido a que los hombres no tenían las herramientas adecuadas y habría que esperar a que dichos dispositivos fuesen desarrollados. También vaticinaba las grandes oportunidades que ofrecía la manipulación de objetos diminutos. La espera duró dos décadas. En 1981, dos investigadores de IBM, H. Rohrer y G. Binnig, dieron a conocer el microscopio de efecto túnel (STM, *Scanning Tunneling Microscope*) que permitió ver por primera vez superficies con resolución atómica (Figura 3). Por dicho descubrimiento, los dos investigadores (junto a E. Ruska) recibieron el premio Nobel de Física en 1986. Dicho microscopio usa corrientes electrónicas (otra vez los electrones) y aplica una consecuencia de la Mecánica Cuántica (otra vez la Mecánica Cuántica) para poder ver la topología de una superficie con precisión atómica.

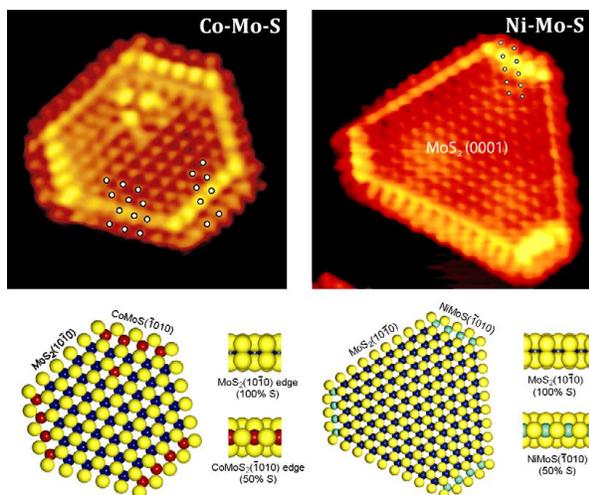


Figura 3. Imagen STM de sistemas nanoestructurados de catalizadores bimetalicos de sulfuros de metales de transición, NiMoS, CoMoS, muy usados en reacciones de hidrotatamiento para mejoramiento de combustibles. Se muestran las imágenes obtenidas por STM (A) y la representación gráfica aproximada del sistema

ESTÁ OCURRIENDO, PERO NO LO ESTÁS VIENDO...

El lema más apropiado quizás puede ser muy explícito: *"Está ocurriendo... Pero no lo estás viendo"*. Nos encontramos en un laboratorio de la Universidad, discutiendo sobre Nanotecnología, termino de moda desde hace ya un tiempo en la ciencia y la ciencia ficción y que pronto invadirá también, ambientes no científicos, de hecho como es muy frecuente ver en medios de comunicación, redes sociales, dedicadas a la divulgación de la nanociencia, en todas sus aristas. Nanotecnología, suena a robots minúsculos, a chips, prácticamente invisibles, maquinas diminutas que se construyen a sí mismas (Figura 4).

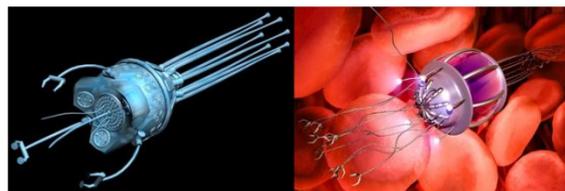


Figura 4. Nanorobot en un flujo sanguíneo (ficción). Aun cuando parece algo descabellado, esta figura muestra un nanorobot que es controlado para liberar un fármaco o para destruir un tumor a través de un medio no invasivo

Está ocurriendo, pero no lo estás viendo. Las imágenes en una pantalla de un ordenador, dan pista de lo que sucede en el Nanomundo. Lo que ocurre de verdad no se puede ver a simple vista, no de la manera que vemos un animal, una bacteria. Son procesos que ocurren a una escala de millonésima de milímetro, de una sola molécula: algo demasiado pequeño, como para que la luz visible pueda iluminarlo, así que ni el mejor microscopio, basado en la luz, lo puede mostrar. La onda de la luz visible tiene un grosor de 380 nm, es decir, no cabe - por así decir - en el mundo de las moléculas. Pero hay otras formas, ya comentadas, de penetrar en el universo de lo minúsculo.

Un cambio de enfoque es sobre todo lo que ofrece la ciencia de lo nano, de lo que ocurre a escala de millonésimas de milímetro. Muchos han anunciado este cambio como revolucionario en muchísimos ámbitos, no solo en lo biológico. La nanociencia promete chips tan pequeños que se podrán llevar en la ropa, embebidos en el tejido. Promete nuevos

materiales y técnicas de construcción. Promete balas mágicas que guíen a los fármacos solo hasta las células que los necesiten. En realidad, los máximos promotores de la nanociencia, sugieren que casi todo podrá ser hecho, ya sea trajes flexibles pero impenetrables, maquinas descontaminantes o materiales capaces de multiplicar enormemente la eficacia de las células solares fotovoltaicas. En 1986, Eric Drexler [4] - charlatán visionario para unos, eficaz divulgador para otros - imaginó y publicitó un futuro utópico con nanorrobots auto-replicantes capaces desde construir un edificio, hasta patrullar por el cuerpo humano, para repararlo desde dentro. Esa *visión* tuvo mucho éxito y es el ingrediente principal de ese futurismo hollywoodense, que el termino nanotecnología evoca en el público.

Para Drexler o no Drexler, en general hasta los más comedidos admiten hoy que de la manipulación del Nanomundo derivan muchas aplicaciones potenciales. "Las perspectivas que abre la nanotecnología son impresionantes, y será posible, a lo largo de las dos próximas décadas, obtener potenciales avances que ahora parecen ciencia-ficción", escriben en un informe los expertos de la red española de investigación en nanotecnología, *Nanospain* [5]. "Está claro que la lista de aplicaciones es muy grande y que el impacto en la sociedad será decisivo. La implantación de la nueva forma de pensar es tan arrolladora que las diversas comunidades científicas se han apresurado a bautizar algunas de las parcelas donde trabajan con nombres donde el prefijo nano es el indicador de este cambio de tendencia. Ya es un hecho leer el término nanoquímica, nanomedicina, nanomecánica, nanomagnetismo, nanobiología, nanobiotecnología, nanoelectrónica... "Estamos saliendo de la era de lo micro y entrando en la era de lo nano".

Las fuertes inversiones en lo nano de Estados Unidos, Japón y Europa, demuestran que la nanotecnología se toma muy en serio. El presupuesto norteamericano para el año 2007 destinó 1.200 M\$ a la *Iniciativa Nacional de Nanotecnología*, establecida en 2001. En la EU, la nanotecnología es una macro área de investigación calificada de estrategia que recibió 1.300 M€ (casi 7.5%) del Programa Marco de Investigación (2004-

2006). En la actualidad (2010-2014) se ha propuesto una inversión de 7.800 M€. Los inversores, por su parte, no olvidan que el gran boom de genética y la biotecnología tomo desprevenidos a muchos, y no están dispuestos a que vuelva a pasar

SE TRATA DE CONSTRUIR DE ABAJO A ARRIBA...

Se trata de construir de abajo a arriba, colocando uno a uno los ladrillos de la forma deseada. Como ha dicho Rodney Brook, director del Laboratorio de Inteligencia Artificial, en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) [6], "nuestro objetivo a 30 años es tener un control tan exquisito sobre la genética de los sistemas vivos que, en lugar de hacer crecer un árbol, talarlo y hacer con él una mesa, seremos capaces de hacer crecer directamente la mesa".

Alguien dirá: la química convencional ya juega con las moléculas para hacer plásticos, pesticidas o pantallas de cristal líquido. ¿Dónde está la diferencia? En que la química tradicional hace reaccionar millones de moléculas con millones de moléculas, no las controla una a una. Es un matiz importante, porque al manipular la materia a escala nanométrica aparecen propiedades distintas de las habituales en el mundo macro que podemos ver. La elasticidad, conductividad, resistencia, color, dureza de una sustancia puede cambiar drásticamente en el Nanomundo. El carbono en forma de grafito - la mina de un lápiz - es frágil; en la nanoescala, el carbono es más fuerte que el acero y seis veces más ligero. El aluminio, por su parte se convierte en un material capaz de quemarse espontáneamente; la plata tiene propiedades antibacterianas; el oro, normalmente considerado un metal noble, en forma de nanopartículas soportadas, es un catalizador para la oxidación de monóxido de carbono, a temperatura ambiente. Esas nuevas características pueden ser extrapoladas y usadas en nuestra realidad cotidiana, porque lo que ocurre en el mundo nano influye en el macro. Por ejemplo, los instrumentos de la nanotecnología, han revelado grandes aplicaciones en la industria de estos nuevos materiales - las superficies aparentemente lisas

tienen en realidad un relieve irregular y su disposición cambia sus características fisicoquímicas – que tiene que ver con fracturas en los materiales, con la fracción, con el desgaste, su actividad catalítica, propiedades magnéticas, propiedades ópticas, entre otras.

En el mundo natural, han resultado seleccionadas de forma espontánea determinadas propiedades de la materia. Cuando los nanocientíficos juegan con el *nanolego* tienen la posibilidad de explotar propiedades diferentes, y tratar así de obtener materiales más duros y ligeros, o más elásticos, mejores conductores... La lista es larga.

COMO ACCEDER A ESTE NANOMUNDO...

Como podemos ver este Nanomundo... a través de dispositivos muy complejos de alta tecnología, con un enorme costo, que han sido desarrollados relativamente recientes, que abren la puerta al Nanomundo: el microscopio de efecto túnel (STM, siglas en inglés). Este dispositivo, desarrollado en 1982, tiene su forma particular de ver: mide la corriente eléctrica que fluye en una finísima punta metálica y una muestra. El STM, coloca a los investigadores cara a cara con los bloques con que se construyen los materiales. Sin duda hay algunas restricciones, que con el tiempo podrán ser superadas (Figura 5).

Con este microscopio, se puede tomar un átomo y cambiarlo de sitio. Se puede escribir palabras con átomos – la famosa imagen del logo IBM, la compañía responsable del desarrollo tecnológico del STM -. Por ejemplo, este microscopio permitió ver y conocer cadenas o nanohilos de ochos a diez átomos. El hallazgo se publicó en la revista *Nature* [8], con un gran impacto en la comunidad científica en general. Ahora, los esfuerzos se concentran en estudiar sus propiedades, valiéndose del conocimiento de la topología de los materiales. Entre unas de estas características relevantes, es que estas cadenas carbonadas, en proporción conducen millones de veces más corriente que un cable de cobre convencional. ¿Serán estos los nanoconectores de los futuros nanochips?

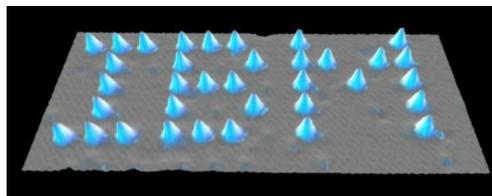


Figura 5. Famosa imagen creada por IBM, inventores del microscopio de efecto Túnel, STM.

¿EN QUÉ USAREMOS ESOS NANOMATERIALES?

Hay otras nanoestructuras con más papeles para ese cargo: los nanotubos. Son “los candidatos idóneos a sustituir los circuitos electrónicos basados en el silicio”. En el macromundo, los nanotubos son más que un polvillo negruzco. Haciendo *zoom*, y más y más y más *zoom* (y aún más), verían unos hilillos alargados; son en realidad tubos formados por átomos de carbono. Son unas estructuras durísimas, ligerísimas y por los que la electricidad corre sin casi ninguna resistencia (Figura 6)[9].

En este mismo orden de ideas aparece, recientemente un material, que está revolucionando la tecnología, entre otras áreas, llamado grafeno. Fue descubierto en 2004 por André Geim y Konstantin Novoselov, de la Universidad de Manchester, y por su hallazgo les fue otorgado el premio Nobel de Física en 2010. Este material surge cuando pequeñísimas partículas de carbono se agrupan de forma muy densa en láminas de dos dimensiones muy finas (tienen el tamaño de un átomo), y en celdas hexagonales.

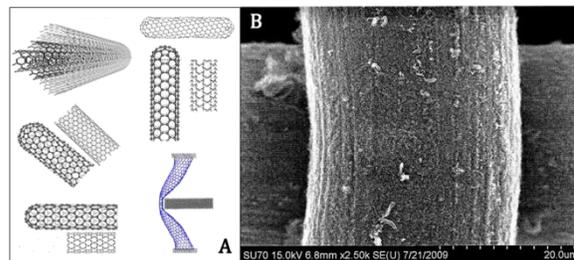


Figura 6. (A) Representan diversas estructuras observadas de los nanotubos de carbón y (B) es una micrografía de un nanohilo de carbón de varios micrómetros

Para hacerse una idea, su estructura es similar a la que resulta de dibujar un panal de abejas en un folio. ¿Por qué en un folio? Porque es una superficie plana, de dos dimensiones, como el grafeno. En diversos campos distintos puede aplicarse el grafeno, es necesario echar un vistazo a nuestro alrededor y ver todo lo que nos rodea. Ordenadores, automóviles, teléfonos móviles y equipos de música son, por mencionar sólo algunos de ellos, cosas que encontramos frecuentemente en nuestra vida cotidiana en las que el grafeno se podría llegar a aplicar. Por sus propiedades, el grafeno puede servir como material en la fabricación de aviones, satélites espaciales o automóviles, haciéndolos más seguros. También en la construcción de edificios, pues los convertiría en más resistentes. Pero, sobre todo, destacan sus aplicaciones en el campo de la electrónica, donde a través de su capacidad para almacenar energía puede dotar a las baterías de una mayor duración y un menor tiempo de carga, establecer conexiones más rápidas e incluso contribuir a mejorar el medio ambiente sustituyendo a materiales contaminantes que hoy en día nos vemos obligados a utilizar. No hay que olvidar su relevancia en el ámbito de la salud. Las prótesis de grafeno podrían sustituir a las actuales, de diversos materiales. O incluso se podría aplicar para mejorar el tratamiento de algunas enfermedades. Por todo esto, no es de extrañar que se diga que su utilidad es prácticamente ilimitada y que las barreras a su aplicación únicamente son las de la imaginación humana (Figura 7).

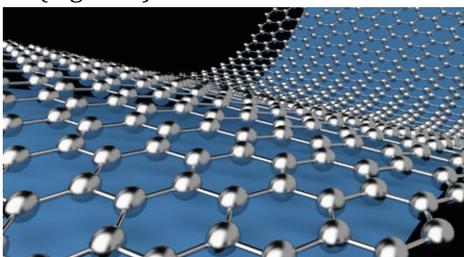


Figura 7. Estructura bidimensional simulada de grafeno

Otro tipo de nanoestructuras, las nanopartículas, están resultado más sencillas de domar. De hecho hay ya muchas en el mercado: en barras de labios y cremas solares, con nanopartículas transparentes que absorben la luz ultravioleta; en pinturas impermeables o resistentes a los raspones; en

cristales que repelen la suciedad, en tiritas con nanopartículas con acción antibacteriana... entre muchas otras aplicaciones (Figura 8) [10].

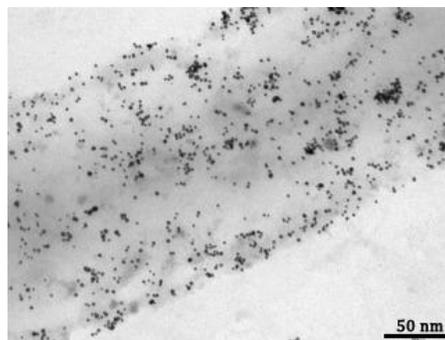


Figura 8. Nanopartículas de oro, soportadas sobre un nanotubo de carbón. Los puntos más oscuros muestran las nanopartículas de oro, con un tamaño promedio de 2 nm.

Otra aplicación de mucha relevancia, aunque todavía “en pañales”, son las aplicaciones biomédicas. Los investigadores en esta área insisten en que son trabajos aun trabajos experimentales y aún hay mucho por hacer, pero se visualiza un panorama esperanzador, con aplicaciones relevantes. Es un hecho, hoy día, usar nanopartículas como transportadoras de fármacos, para hacer que estos lleguen más y mejor, donde deben. Algunos administran fármacos por inhalación; otras se introducen en el organismo, pero solo liberan el principio activo cuando son *encendidas* desde fuera – por campos magnéticos. Laser, rayos X o incluso ondas acústicas – otras se inyectan en un tumor y descargan el fármaco poco a poco. También las hay - de nuevo, aun no en el mercado – que segrega insulina en función de los niveles de azúcar que detectan en la sangre del paciente. Por no hablar de las que encuentran las células tumorales y las destruye selectivamente (Figura 9). Para convertir, esto que parece Ciencia Ficción en una realidad, las nanopartículas aún deben aprender, entre otras cosas, a no perderse en su camino hacia sus células objetivo, a no ser devoradas por el sistema inmunológico [11].

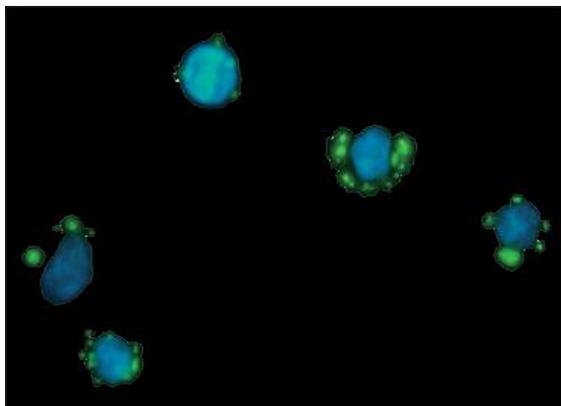


Figura 9. Ilustración de como las nanopartículas se unen a las células, para liberar droga. Las células vivas (de color rosado) rodeadas por nanopartículas (de color azul) semiconductoras, con tamaños promedio de 200 nm de diámetro. Estas nanopartículas han sido recubiertas con una proteína del virus de la hepatitis C.

BIOMIMÉTICA... ¿QUÉ NOS ENSEÑA LA NATURALEZA ACERCA DE LAS NANOESTRUCTURAS?

Aunque en esta línea de buscar técnicas de construcción en el Nanomundo más rápidas y eficaces, uno de los *atajos* más curiosos es el que recurre a nanoestructuras ya construidas por la naturaleza. En concreto, virus y proteínas. La investigadora del MIT Ángela Belcher [12] descubrió a mediados de los noventa que un tipo de moluscos usaba proteínas para construir los cristales de carbonato de calcio para su concha. Copió la idea, pero con un virus. Ahora construye con esos virus, entre otras cosas, nanocables y tejidos con diminutos sensores que detectan patógenos.

Ella no ha sido la única en volver la mirada a la naturaleza. En 2002, Carlo Montemagno, de la Universidad de California (UCLA) [13], creó un nanomotor que se podía encender y apagar manipulando una conocida proteína. Recientemente, este grupo ha hecho crecer células de músculo cardíaco de rata sobre pequeños esqueletos de silicio y plástico. La unión de lo biólogo con lo mecánico no es nuevo, pero algunas ONG [12] consideran que cuando se aplica al mundo nano puede tener consecuencias imprevisibles y no necesariamente buenas. Varias asociaciones de nanoética [14] ya han pedido una

moratoria en la investigación, y que se frene la comercialización de las nanopartículas mientras no se garantice su inocuidad – algunos estudios las relacionan con ciertos tipos de cáncer y enfermedades respiratorias–. Esta vez, los gestores de política científica, se han tomado muy en serio, estas peticiones. La peor pesadilla para los políticos es que el público genere un rechazo a lo nano como ocurrió con los transgénicos [15]. Las obras de ficción en que nanomáquinas autorreplicantes acaban con los humanos – como la película “Prey” de Michael Crichton – no ayudan mucho [16]. Quizás, más recientemente la película *G.I. Joe: El origen de Cobra* (2009), es un filme donde una unidad militar de elite compuesta por agentes especiales “G.I. Joe”, se enfrenta a una organización terrorista liderada por un notorio fabricante de armas, que junto con sus secuaces intentan apoderarse de una nueva nanotecnología capaz de destruir ciudades enteras [17]. ¿Con que quedarse, con las enormes expectativas de la revolución nano o con sus hipotéticas consecuencias más malévolas?

A MODO DE CONCLUSIÓN...

Los campos de aplicaciones de la nanotecnología son muy extensos, y habrá que esperar y trabajar fuertemente para su desarrollo, pero lo que está claro, es que las inversiones en nanotecnología en el mundo se han incrementado de manera constante en los últimos años considerablemente. A largo plazo, por la expectativa que este tipo de hallazgo sugiere, pensar en propuestas como computación cuántica, autoensamblado molecular, injertos precisos de moléculas orgánicas de polímeros híbridos sobre superficies diversas, será un hecho, más tarde que temprano.

La nanotecnología es multidisciplinaria, con la participación de áreas tales como la química-física, ciencia de los materiales, ciencias médicas, ingeniería, biología y las ciencias de la computación, por lo que el esfuerzo de algún o algunos de estos campos, puede tener consecuencias inmediatas en los demás, generando un efecto multiplicador, que habrá que estimular.

Evidentemente, todo esto está por hacer, o ya simplemente se está diseñando y generando ahora mismo, por lo que la nanotecnología es una realidad, tal como lo podemos ver en los diversos productos que hay ya en el mercado mundial. Numerosos grupos e investigadores a nivel mundial, han hecho lugar a esta nueva nanociencia, que apunta a revolucionar y desarrollar nuevas tecnologías emergentes.

AGRADECIMIENTOS

Al CDCHTA por financiamiento a través del proyecto NURR-C-552-12-08-B

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Physics Update, Physics Today, número de junio de 2000
- [2] En la dirección electrónica http://www.techfak.uni-kiel.de/matwis/amat/elmat_en/makeindex.html
- [3] R. P. Feynman, famous "plenty of room at the bottom" speech: www.its.caltech.edu/~feynman/plenty.html(Nobel lectures)
- [4] K.E. Drexler, Engines of creation: the coming era of nanotechnology Press/double day New York (USA), pp.328, 1986
- [5] La red nanoSPAIN se puede encontrar en <http://www.cmp-cientifica.com>.
- [6] S. Luc, R. Brock, The Artificial life route to artificial intelligence: building embodied situated agents, Erbaum Associates, Hilldale, New Jersey, USA, pp 76, 1995.
- [7] D.M. Eigler, E.K. Schwizer, Nature 344: 524-526, 1990
- [8] Científica (2004). Nanotubes. En la dirección electrónica: www.cientifica.com/html/docs/Nanotubes%202004_ExSum.pdf
- [9] G. Schmid, B. Corain, Eur. J. Inor. Chem., 17 (2003) 3081-3086
- [10] S. Mayer, from genetic modification to nanotechnology: the dangers of "sound science". In Science: Can we trust the experts? (Ed. T. Gilland), Hodder and Stoughton: London (Inglaterra), pp 1-15, 2002

- [11] M. Fritz, A.M. Belcher, M. Radmacher, D.A. Walters, P.K. Hansma, G.D. Stucky, D.E. Morse, Mann S., Nature, 371 (1994) 49.
- [12] H. Liu, J.J. Schmidt, G.D. Bachand, S.S. Rizk, L.L. Looger, H.W. Hellinga, C.D. Montemagno, Nat. mater., 1 (2002): 173-177
- [13] Greenpeace, Nanotechnology, www.greenpeace.org.uk (2004)
- [14] Joint Centre for Bioethics (2004). Will Prince Charles et al diminish the opportunities of developing countries in nanotechnology? Joint Centre for Bioethics: Toronto, Canada. www.nanotechweb.org/articles/society/3/1/1/1/
- [15] T. Horlick-Jones, J. Walls, G. Rowe, N.F. Pidgeon, W. Poortinga, T. O'riordant, A Deliberative Future? An independent evaluation of the GM Nation? Public Debate about the possible commercialization of transgenic crops in Britain, Centre for Norwich, UK. www.uea.ac.uk/evn/pur, 2003
- [16] C. Michael, Film Prey, EEUU, Science Fiction, (2002).
- [17] S. Sommers, Film G.I. Joe: Rice of cobra, EEUU, Science Fiction (2009)