

Internet Electronic Journal*

Nanociencia et Moletrónica

Noviembre 2007, Vol. 5, N°2, pp. 1015-1034

La Nanotecnología como Fuerza Económica: Aplicaciones y Productos Mercantiles al año 2007

Alfred F. K. Zehe

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Puebla 72000, México
azehe@siu.buap.mx

recibido: 15. 09. 07

revisado: 28.09.07

publicado: 30.11.07

Citation of the article: Alfred F. K. Zehe, La Nanotecnología como Fuerza Económica: Aplicaciones y Productos Mercantiles al año 2007. Internet Electron. J. Nanocs. Moletrón. 2007, Vol. 5, N° 2, pp 1015-1034

copyright ©BUAP 2007

La Nanotecnología como Fuerza Económica: Aplicaciones y Productos Mercantiles al año 2007

Alfred F. K. Zehe

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Puebla 72000, México
azehe@siu.buap.mx

recibido: 11.09.07

revisado: 26.09.07

publicado: 30.11.07

Internet Electron. J. Nanocs. Moletrón., Vol. 5, N° 2, pp. 1015-1034

Resumen

Las aplicaciones de la Nanotecnología a mediano y largo plazo son infinitas. Sus productos cambiarán la vida cotidiana de la humanidad en forma absoluta. Sin embargo, existen ya en estos días y en gran número nuevos productos y técnicas, que tienen su fundamento en la dimensión 'nano'. La nanotecnología es una potente fuerza con impacto en las economías de los países, que en ella invierten. Por la multitud de posibles nuevos productos se abren más y más oportunidades para la mediana e incluso pequeña industria. Resumimos en este trabajo las ramas impactantes y sus productos mercantiles de la nanotecnología al año 2007.

1. Introducción

Inmensas sumas de muchos miles de millones de Euros (1 € vale aproximadamente 1.40 US\$) están puestas a nivel mundial por ser aplicadas para la inversión en la nanotecnología. Su potencial como fuerza económica ha sido reconocido por la mayoría de los países, y no participar en el desarrollo de la nanotecnología es equivalente a retraso y dependencia incorrectible en el futuro. De la misma forma resulta equivocada una inversión fuerte en tecnologías pasadas, como por ejemplo la microelectrónica y micromecánica con tamaños característicos arriba de los 100 nanómetros. Actualmente ya se trabaja con dispositivos de 65 nm. Posiblemente es útil recordarse, que la microelectrónica ha pasado durante el último medio siglo por un proceso evolutivo de miniaturización de sus componentes, transistores, capacitancias, ventanas de contacto, y conexiones, principalmente caracterizado por los avances en la litografía (submicrométrica). Queda entendido al mismo tiempo, que ninguna de las tecnologías de la microelectrónica actual, tan sofisticada que sea, permitirá la colocación de átomos individuales en sitios específicos de una red cristalina. Más aún la microelectrónica del presente está llegando a límites físicos, que impiden su funcionalidad en estructuras mucho más pequeñas. No solamente quedó prácticamente desierto la micromecanoelectrónica para una investigación seria, y productos compatibles por el adelanto tan enorme de los pocos países 'leader', que en ella invirtieron 25 años atrás, sino aun peor, evita tal inversión la entrada a los campos de la nanotecnología, que con urgencia debería ocurrir ahora.

La miniaturización de los tamaños característicos de elementos de construcción en general, dispositivos y componentes cualesquiera, ha sido, en toda la historia de la técnica, la fuerza motriz más significativa para el desarrollo de tecnologías nuevas, y como tal fue un elemento revelador del desarrollo técnico en absoluto.

La nanotecnología conlleva en este contexto un cambio del paradigma. La miniaturización resulta no solamente en dispositivos y componentes más pequeños, sino aún más importante, en nuevas y superiores propiedades de materiales. Aplica la causalidad entre tamaño estructural y funcionalidad con el objetivo de generar propiedades novedosas para la formación reproducible de nanoestructuras.

El presente trabajo intenta de caracterizar unas sub-ramas de la nanotecnología y sus contribuciones con los productos mercantiles de ahora, el año 2007.

2. Nanotecnología - Un Reto multidisciplinario para la Investigación científica [1-4]

La nanotecnología es una ciencia interdisciplinaria como ninguna conocida anteriormente, y penetra casi todas las ramas tecnológicas del quehacer humano. Las fronteras entre disciplinas clásicas del saber se hacen borrosas y embocan en participaciones y contribuciones multidisciplinarias principalmente entre Biología, Química, Física, Informática y Comunicación, Medicina y Farmacéutica, Electrónica, Mecánica y Ciencias de diferentes Ingenierías, sin dejar de mencionar las Ciencias Económicas y del Medio Ambiente.

La nanotecnología molecular comprende un cambio revolucionario en lugar de un cambio evolutivo de la conformación de estructuras pequeñas y sistemas complejos debido a su aproximación intrínseca de manipular en forma controlada átomos y moléculas. Esto implica lograr de posicionar cada átomo en el lugar correcto, y de esta manera realizar prácticamente cualquier estructura, que es consistente con las leyes en detalles moleculares de la física.

El desenvolvimiento de la Física de Estado Sólido, en la Química supramolecular y la Biología molecular respecto a los tamaños característicos de los sistemas del estudio con relación al eje de tiempo en años enseña, que estas tres grandes disciplinas se están encontrando y uniendo en un solo rango de pocos nanómetros.

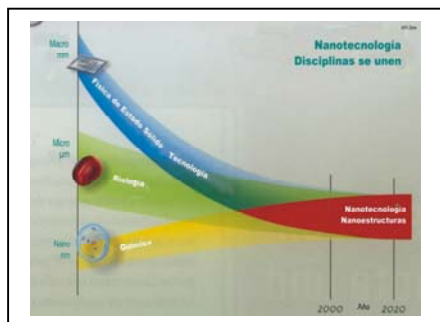


Fig. 1: El descubrimiento de la molécula ADN y la genética en la Biología, la fabricación controlada de moléculas y supramoléculas en la Química, y la tecnología de la micro-estructuración en la Física de Estado Sólido durante las últimas décadas han llevado a dimensiones de pocos nanómetros, comunes en la investigación con potencial aplicativo de las tres grandes disciplinas Biología, Química y Física de Estado Sólido.

Las tecnologías para la microelectrónica del año 2020 [1] se están ideando desde ahora [2].

Los temas clave de la investigación científica apuntan a la necesidad de desarrollar técnicas para el ensamblaje de nanoestructuras atravesando órdenes de magnitud y dimensiones, a un nivel compatible con aspectos económicos, de eficiencia y precisión, necesaria para la realización de nuevas clases de aplicaciones en tecnologías tan diversas como la electrónica, la computación, telecomunicación, almacenamiento de datos, generación, transmisión y almacenamiento de energía, transportación, salud, infraestructura civil, seguridad nacional y por fin al medio ambiente. Los elementos de esta estrategia incluyen el desarrollo de nuevas tecnologías de autoensamblaje [3,4] técnicas de nanolitografía, síntesis de subsistemas mediado por mecanismos biológicos, la medición a nivel atómico de estructuras en las tres dimensiones, sus propiedades y su composición química, incluyendo métodos de medición en tiempo real para el sensorio del ensamblaje a escala nanométrica, métodos nuevos de computación, entre otros mas.

La Biología es proveedor de los planos de construcción para máquinas diminutas; la Física descubre y aplica las 'patentes' de la naturaleza. Ambos se encuentran en la Nanobiotecnología.

En lo que sigue hacemos énfasis en unas de las ramas más impactantes con efectos y desarrollos actuales de la nanotecnología; Incluimos aspectos de la Nano-fabricación, la Nano-Química y los Nano-Materiales; la Nano-Biotecnología, la Nano-Analítica; la Nano-Electrónica a escala molecular (Nanotrónica), la Nano-Óptica; y la Nano-Medicina.

Un gran número de productos mercantiles es citado en el capítulo 3 como testigo de la hondura y extensión de la escala productiva de la nanotecnología.

2.1 Nano-Fabricación [5-7]

Se conoce varios caminos, que llevan a la ingeniería molecular. De más importancia se consideran la ingeniería de nanobiosistemas, la síntesis química de supramoléculas, y la mecosíntesis por manipulación física de átomos y moléculas individuales. Los avances en cada uno de ellos son impresionantes, pensando solamente en la biocomputadora en base a la molécula ADN, en macromoléculas para la computación cuántica y para la realización de operaciones electrónicas.

El principio de autoorganización y autoensamblaje [5] es en el momento la única nano-herramienta y probablemente la única y viable para conformar estructuras grandes. El ejemplo más espectacular es lo que llamamos 'vida': Semillas o embriones adoptan en el paso de un cierto corto tiempo la forma de un clavel o de un gato. Eso es autoorganización en acción. Para que el hombre pueda lograr algo semejante, tiene que conocer las leyes de la naturaleza en detalle, que fomentan un proceso de autoorganización de estructuras pequeñas a grandes. Es una rama de investigación en pleno desarrollo [6,7].

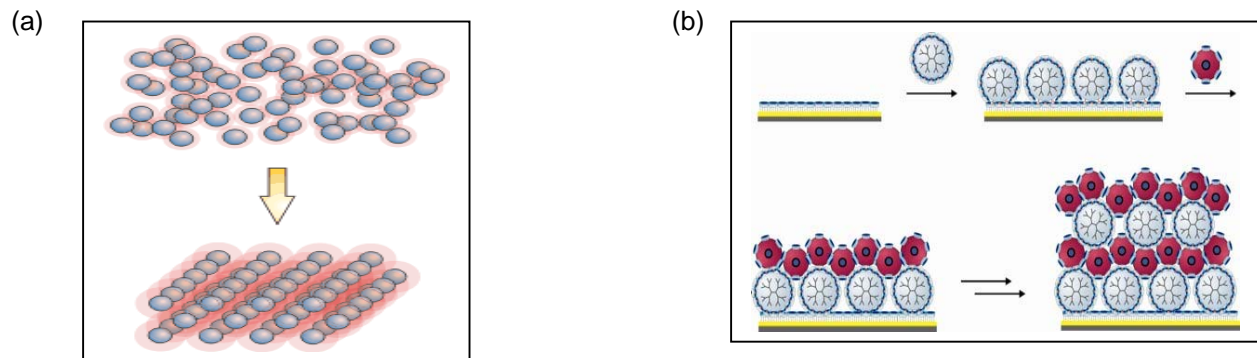


Fig. 2a Autoensamblaje de partículas en una superficie cristalina salvo condiciones térmicas favorables.

Fig. 2b Nanofabricación: Ensamblaje de elementos sencillos en una estructura compleja.

2.2 Nano-Química [8-11]

La nano-química se ocupa de la fabricación y modificación de sistemas químicos, que por las leyes del nanomundo desencadenan efectos especiales y muy a menudo novedosas. Estos tienen su fundamento en unidades químicamente activas a escala nanométrica, como por ejemplo las supramoléculas y nanopartículas. Permite la elaboración de máquinas moleculares artificiales.

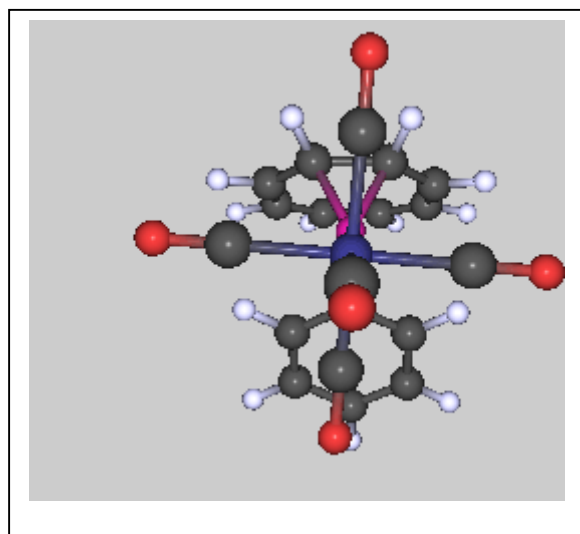


Fig. 3 Motor molecular
(www.chem.vu.nl/oac/images/rotor.gif)

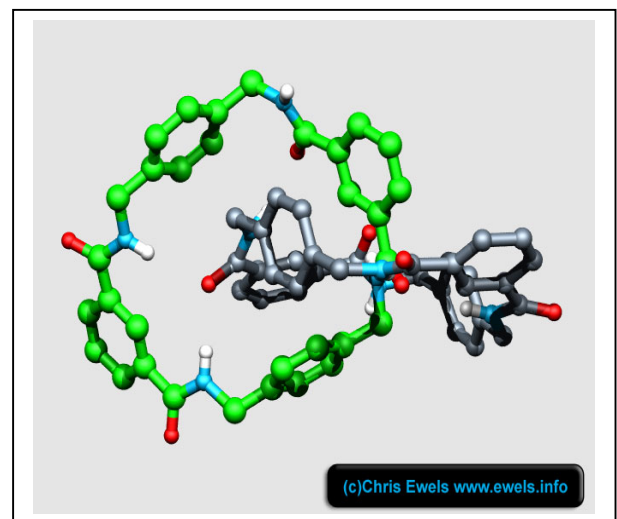


Fig. 4 Supramolécula

La química supramolecular, término introducido por J. M. Lehn en 1978, se ocupa del diseño, la síntesis y el estudio de estructuras moleculares unidas por uniones no covalentes. Las interacciones débiles en supramoléculas implican comúnmente su generación espontánea por auto-organización más bien que por uniones secuenciales. Las estructuras de éste tipo son presentes en la naturaleza; La más famosa probablemente es el ADN.

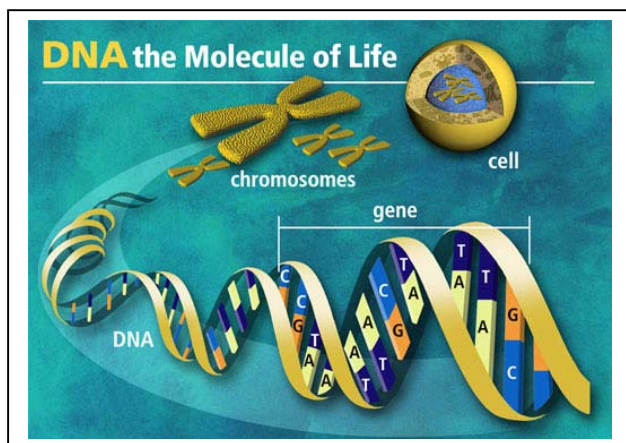


Fig. 5 Molécula ADN (www.tox.ncsu.edu)

2.3 Nanomateriales [12-16]

Nanopartículas son sinónimo de un sub-género del amplio campo de la nanotecnología. Comprenden cualquier tipo de partículas naturales o artificiales, cuyo confinamiento espacial es menor a los 100 nanómetros en al menos dos dimensiones. (Un pelo humano es 500 veces más grueso. La relación entre una nanopartícula y un futbol es aproximadamente la misma que el futbol lleva con el globo terrestre). Materiales fabricados con nanopartículas exhiben propiedades físicas y químicas muy distintas en comparación a materiales volumétricos e incluso de tamaño de grano micrométrico de la misma composición. La obvia diferencia entre nanopartículas y granos de mayor tamaño consiste en la relación, que el número de átomos superficiales lleva con los átomos del interior del grano. En materiales formados con nanopartículas, más que un 50% de los átomos de cada nanopartícula se encuentra en los bordes del grano y no en su interior. Para nanopartículas menor a 10 nm, este valor sube a 90%. Existe un número de procesos y técnicas, que permiten un diseño de nanopartículas 'a medida' respecto a sus propiedades físicas, que a su vez cumplen con las necesidades de aplicaciones específicas.

Nanopartículas han rendido una euforia en la industria. El mercado es gigantesco, y como ya comprueben unos '*shooting stars*', dotado con lucrativas ganancias. Nanopolvos en aplicaciones médicas, cosméticas y de sustancias de pulido ultrafino, pegamentos inteligentes, lacas funcionales e incluso autorreparables, cerámicas flexibles, vidrios con propiedades extremas desconocidas hasta ahora, catalizadores para reacciones químicas súper-eficientes, sistemas fotovoltaicos con alto rendimiento, celdas de combustible, reactores electrolíticos, membranas de ultra-filtración, sensores y nanosensores, nanopartículas fluorescentes que detectan bacterias, NEMS (sistemas nanoelectromecánicos) en la detección de virus, nanoláseres y puntos cuánticos, capas

ultrafinas en superficies, fluidos magnéticos y memorias magnéticas son unos ejemplos de inventos, que han pasado de los laboratorios a casi inmediatas aplicaciones en su camino a artículos mercantiles.

Particularmente cualquier material de construcción conocido puede ser fabricado en su lugar con nanopartículas. En la próxima década la mayoría de las innovaciones en productos y tecnologías se basarán en nuevos materiales de la nanotecnología, que debido a sus propiedades ajustables y controlables influirán el desarrollo industrial en forma determinante. Si se tiene presente, que el valor competitivo de los productos industriales es acuñado en un 70% de la inteligencia contenida en los materiales, entonces apenas se deja apreciar el potencial gigantesco, que es el contenido en este renglón de la nanotecnología [12-16].

En muchos países el fomento de innovaciones en nuevos materiales se orienta hacia las tecnologías de información, de fabricación de productos, a tecnologías médicas y energéticas, automotriz y de transporte en general.

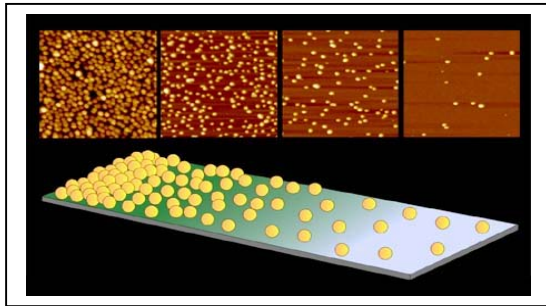


Fig. 6 Nanopartículas de oro con un gradiente en el número por unidad de escala x.

www.innovations-report.com

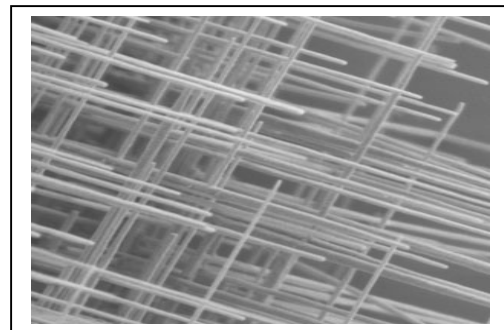
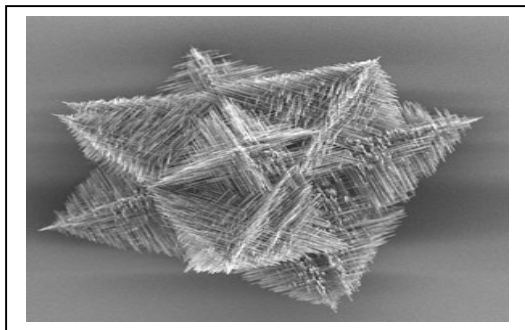


Fig. 7 Estructura de Nanomateriales (www.jin.chem.wisc.edu)

2.4 NanoBioTecnología [17-21]

La Nanobiotecnología es uno de los campos más fascinantes y pretenciosos a nivel mundial. Ha surgido como una rama de investigación multidisciplinario y de veloz desenvolvimiento con innovaciones revolucionarias en muchas áreas de ciencia y tecnología. Nanobiotecnología es la rama emergente de oportunidades científico-tecnológicas, que fusiona biosistemas con nanofabricación en beneficio de los dos. Nanobiotecnología combina la ingeniería a nanoescala con la biología para manipular sistemas vivos o para fabricar materiales de inspiración biológica a nivel molecular. Tiene el potencial de poner las nanotecnologías de microfabricación al trabajo de estudiar y manipular sistemas biológicos. El número de bionanodispositivos propuesto hasta hoy día ya es enorme.

Nanobiotecnología implica la habilidad de manipular materia en su nivel atómico. El destacado ejemplo de la auto-replicación del 'patrón vida biológica' conocemos en la genética, o bien, en las máquinas moleculares genéticas, presentes en la naturaleza. Las proteínas, por ejemplo, operan como máquinas moleculares programadas para la manipulación de átomos individuales. Su estructura física y su funcionalidad específica son conocidas, y por tanto pueden ser manipuladas por el hombre. La naturaleza es la maestra sobresaliente en procesos de auto-ensamblaje, de auto-diagnóstico y de auto-saneamiento, que al introducir estos procesos del mundo biológico en materiales y dispositivos, resultan tecnologías de fabricación radicalmente distintas a las conocidas.

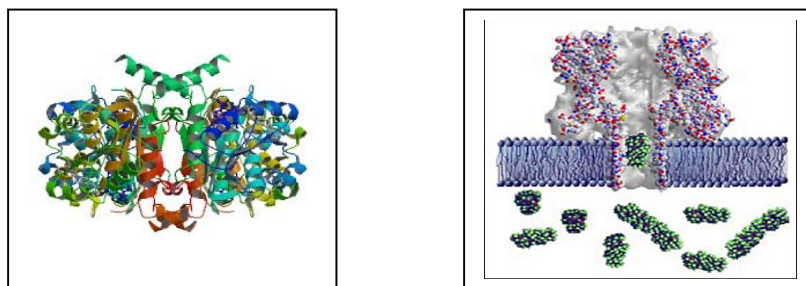


Fig. 8 Moléculas biológicas complejas (www.rcsb.org); (www.nanoarchitecture.net)

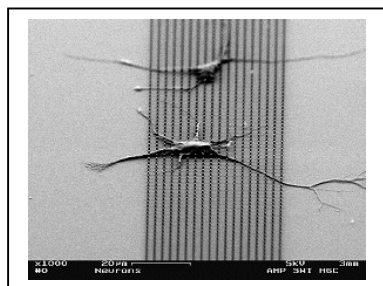


Fig. 9 Neuronas sobre una estructura en Silicio (www.news.cornell.edu)

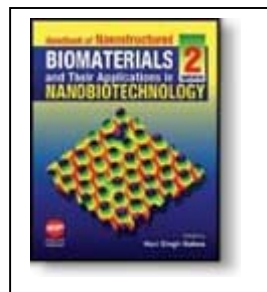


Fig.10 Una Monografía de Nanobiotecnología

2.5 Nano-Analítica [22-26]

Sistemas con tamaños nanométricos requieren para su caracterización y análisis procedimientos, que trabajan con precisión de fracciones nanométricas. La nano-analítica es una piedra pilar de la nanotecnología, y de su potencial depende la velocidad de desarrollo en la investigación científica y en la industria. De particular importancia para problemas tecnológicos es el conocimiento de la estructura tres-dimensional de sistemas de materias, tanto como las propiedades electrónicas, magnéticas, mecánicas, ópticas y químicas.

Sin duda ha sido el evento del Microscopio por Barrido de Tunelamiento (STM) por el alemán Gred Binning y el suizo Heinrich Roher, seguido en 1986 del Microscopio de Fuerza Atómica (AFM) [22] la apertura más importante para la realización práctica de la nanotecnología.

El microscopio de barrido por Tunelamiento y el AFM son los instrumentos más prometedores para la mecano-síntesis de estructuras moleculares y nanodispositivos de la nanotrónica. Su eficiencia, al otro lado, depende aún de herramientas combinatorias más sofisticadas. Tomaría miles de años a un solo 'nano-ensamblador' producir algún material un átomo a la vez. En la misma lógica tomaría minutos, si miles de millones de nanoensambladores submicroscópicos se dedican a esta tarea en forma paralela y programada. La nanotecnología puede crear nanomáquinas, igual como la naturaleza, algo que ya se hizo en múltiples variantes (*nanoscale machinery*). Su combinación con computadoras moleculares programadas los llevaría a los 'nanorobots', versiones microscópicas de los robots, capaces de replicarse, y de ensamblar (ó desensamblar) cualquier material, sean estos alimentos, contaminantes o tejidos cancerosos. No ocurre mañana, pero antes de que terminen las próximas 2 décadas.

La creación de herramientas para la nanociencia y moletrónica se encuentra en pleno desarrollo, igual como la explosión de ideas novedosas para ellos.



Fig.11 Microscopio de Fuerza Atómica (AFM)

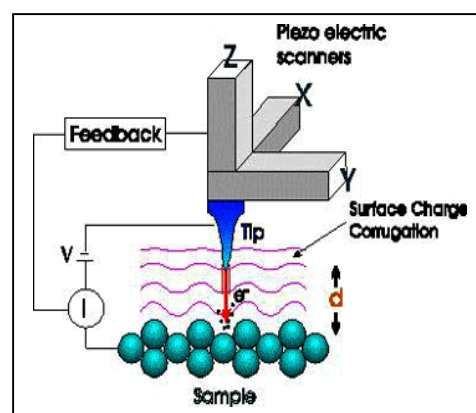


Fig.12 Microscopio por Barrido de Tunelamiento (STM)

2.6 Nano-Electrónica, Nanotrónica [27- 31]

La miniaturización en la microelectrónica ha sido desde el primer microprocesador de INTEL en 1971, la fuerza móvil para tecnologías más y más refinadas, que resultan en una alta densidad de dispositivos en los micro-chips.

El caballo de batalla en el desarrollo de la microelectrónica son los circuitos de memoria. El almacenamiento de información en regiones del semiconductor muy pequeñas pone fuertes exigencias no solamente al material semiconductor, sino también al material aislante (como dieléctrico en condensadores de almacenamiento de carga), y al material metálico como pista eléctrica o interconexión entre diferentes dispositivos.

El tunelamiento cuántico de electrones a través de capas aislantes muy delgadas, la electromigración de átomos a lo largo de las pistas metálicas muy finas, y límites en las tecnologías de litografía son unas razones entre varias otras más, que la tecnología clásica de Silicio viene a límites insuperables en la miniaturización microelectrónica.

La salida viene de la Nanotecnología molecular.

La Nanotrónica (moletrónica) ha tenido contribuciones considerables de la química supramolecular. Al conectar ciertas macromoléculas entre contactos metálicos se detecta propiedades eléctricas semejantes a las conocidas en diodos, transistores, e incluso en memorias, -diferente solamente por su tamaño diminuto. Con nanotubitos de carbono-, estructuras macromoleculares artificiales, se fabricó un transistor nanométrico con propiedades superiores a cualquier transistor conocido. Recientemente se reportó la realización de una memoria molecular, que llega a 100 Gigabits por cm^2 , un valor que se prevé para el año 2020 [11]. Actualmente (2006) las memorias en el mercado tienen 1.75 Gbits/ cm^2 , y las pistas metálicas en los procesadores de INTEL o AMD miden 130 nm de ancho. La electrónica molecular requiere nanoalambres mucho más delgados.

Un concepto radicalmente diferente para memorias presentó IBM con un dispositivo nombrado 'Millipede', que en lugar de almacenar electrones funciona mecánicamente.

El principio de operación es semejante al conocido del microscopio de fuerza atómica (AFM). En una 'ficha perforada' de 1 cm^2 podrían almacenarse 150 Gbits.

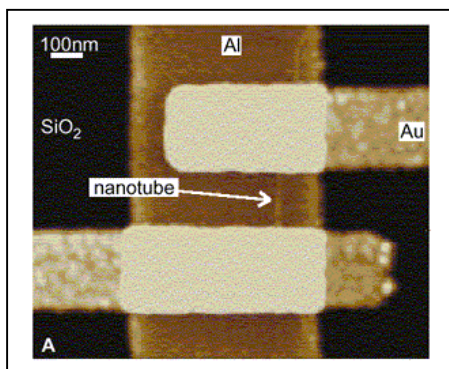


Fig. 13: Transistor con Nanotubito (C. Dekker)

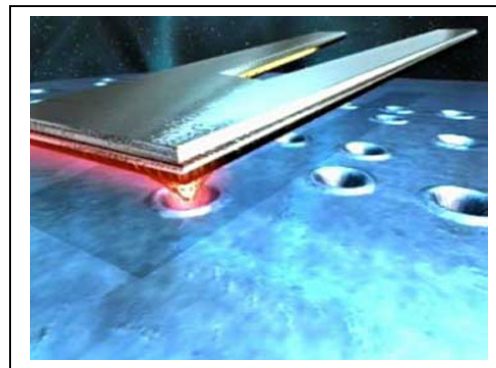


Fig. 14 Millipede (IBM)

2.7 Nano-Óptica, Fotónica y Biofotónica [33, 34]

En la Nano-Óptica se aplican procedimientos nanotecnológicos para la fabricación de aparatos ópticos y sus componentes, pero más allá aprovecha efectos físico-ópticos para aplicaciones innovativas. Se desarrollan técnicas para la fabricación de lentes y espejos ópticos ultraprecisos, donde capas ultradelgadas adquieren importancia para la función de tales componentes ópticos. Aparte de la fabricación en sí, las técnicas de análisis y metrología a nanoescala forman parte de la nano-óptica.

Con mucho interés se estudian los cristales fotónicos como materiales para fuentes de luz potentes y de alta eficacia de energía, como son displays, memorias ópticas de datos o simplemente elementos de iluminación. Cristales fotónicos tienen una estructura de 'huecos' en forma de una red periódica constituidos por dos materiales con grandes diferencias en sus propiedades ópticas. Tal estructura impide la propagación de luz de ciertas longitudes de onda. Cristales fotónicos con nanoestructuras se conocen en la naturaleza: El color de las alas de mariposa se genera por ligeros cambios de la difracción de la luz del sol.

Moléculas orgánicas y polímeros han encontrado aplicaciones como materiales luminiscentes. Tales sistemas se conocen como OLED's (*organic light emitting diodes*). Tienen aplicaciones en teléfonos celulares y en un futuro cercano en notebooks y pantallas de televisión. Este tipo de pantalla requiere muy poca energía, es rápida en la formación de la imagen, y muestra fuertes colores y contrastes incluso desde ángulos de visión grandes.

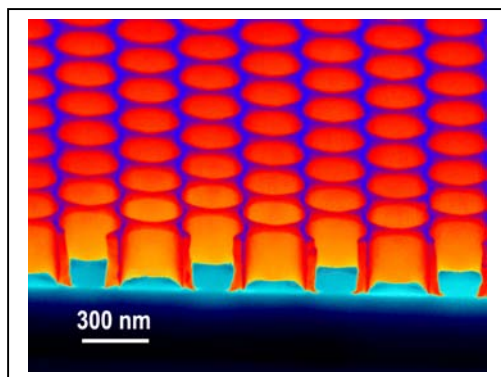


Fig. 15 Cristal Fotónico de silicio
(www.research.ibm.com).

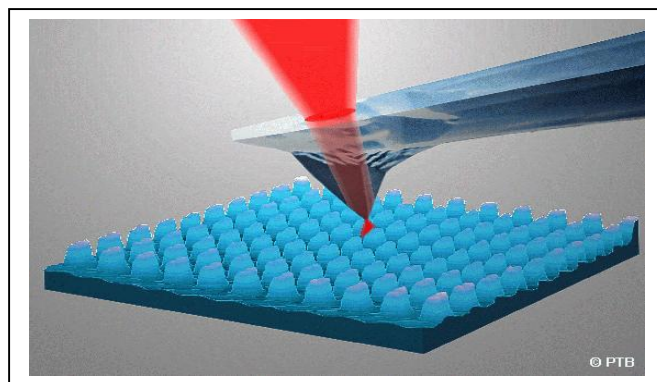


Fig. 16 Esquema de SNOM (www.nahfeldmikroskopie.de)

Fotónica en el procesamiento de información es contraparte de la electrónica. Está usando fotones en lugar de electrones con el efecto de procesar y transmitir información mucho más rápidamente.

Biofotónica fusiona la biología con la Fotónica y considera la intuición entre luz y materia biológica. Implica la detección de enfermedades y terapias activadas con luz por la conducción y dirección de luz.

2.8. Nano en Medicina y Salud [35-38]

La aplicación de los conocimientos de la Nanobiotecnología y generalmente de la Nanotecnología en las ciencias y procedimientos médicos se resume en el término de nanomedicina. Su gran esperanza futura es no solamente la eliminación de los virus, como causales de enfermedades, sino la victoria sobre cáncer, vejez y muerte, manipulando células en el nivel molecular. Uno de los logros sobresaliente de la aplicación de Nanotecnología es un tratamiento de tumores en el cerebro, en la próstata, y otros. Nanopartículas súperparamagnéticas cubiertas con grupos moleculares especiales se introducen directamente en las células cancerígenas. Una vez en su lugar, se aplica un campo magnético alterno desde afuera y aprovecha el efecto, que partículas magnéticas se mueven en el tacto del campo externo, calentando las células enfermas. En cierto nivel de calentamiento, las células cancerígenas mueren, y el cuerpo se deshace de ellas.

La fase de prueba desde 2003 está para terminarse, y se espera la admisión oficial en este año 2007. Para tumores en nodos linfáticos y el hígado, la misma técnica con diferentes nanopartículas está dando buenos resultados. El instituto inventor es “Charité” en Berlín, Alemania.

Nanopartículas se aplica en una prueba novedosa de SIDA. El virus (HIV) se conecta con moléculas especiales, que se encuentran depositadas sobre las nanopartículas de oxido de hierro, que se dejan jalar con un campo magnético.

Latentes actividades están en camino para determinados defectos genéticos con la ayuda de las técnicas de AFM, STM y de la nanofotónica.

Una determinación a detalle de toda la ADN y sus defectos está en la mira de la nanobiotecnología. Cada una podría conocer entonces su genética personal, incluso sus defectos genéticos con las consecuencias involucradas.

Otro aspecto es la realización de un “sistema vascular” nuevo, o bien sangre artificial. Tal nanosangre se compone de “respirocitos” sustituyendo los eritrocitos y responsables para el transporte de oxígeno, y “vasculocitos”, que trabajan como células de reparación. Parece visión ficticia, pero “nanomáquinas moleculares” ya han sido construidas.

El objetivo físico y humano de la nanomedicina es la salud total del hombre. Dejemos aquí mencionar las “opciones militares”.



Fig.17 Nanomedicina
(library.thinkquest.org)

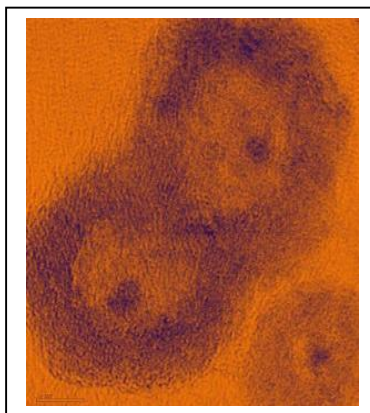


Fig.18 Anticancer
con nanopartículas
www.sciencedaily.com



Fig.19 Life Science
Ciencia de la Vida
www.gov.mb.ca

2.9 Nanopartículas en el Medio Ambiente

Son tres áreas principales, en que se puede esperar grandes beneficios de la Nanotecnología en el medio ambiente:

- a) La prevención de contaminación, que se observa, a grueso ejemplo, en el uso de nanomateriales en catalizadores industriales más eficientes con todas las consecuencias de ahorro de energía, de materia prima, y de menores deshechos. Sistemas de iluminación con bajo consumo energético, una estrategia nueva con nanoestructuras de origen biológica para aplicaciones, y otros más implican la Nanotecnología.
- b) El tratamiento de contaminantes en que nanopartículas con sus superficies grandes y correspondientemente alta capacidad de adsorción para metales y moléculas orgánicas ayudan en su reducción e incluso destrucción de macromoléculas orgánicas. Es un proceso prometedor para la limpieza de aguas negras en industrias.
- c) La detención y monitoreo de contaminación en base a sensores y nanosensores mas selectivos y sensitivos en procesos industriales y el control de alimentos.

Sin embargo, no se debe perder de la vista que las mismas propiedades de las nanopartículas, que las hacen interesantes, pueden causar daño al ser humano. Su pequeño tamaño facilita la involuntaria entrada a células. Una filtración no es posible, su remoción del suelo o del agua complicado. De modo general, no se sabe todavía suficiente sobre toxicidad, biodegradabilidad y biodisponibilidad de las nanopartículas.

3. Productos mercantiles con inteligencia agregada de la Nanotecnología.

La inmensidad de las aplicaciones concretas de procesos diversos de la Nanotecnología se reconoce solamente al enumerar conocidos productos, salidos de los laboratorios de investigación aplicada, que en parte ya entraron al mercado.

En este capítulo se hace una relación de (unos) destacados ejemplos de productos mercantiles, y los campos prácticos a que pertenecen. Tal listado no puede ser completo; casi a diario se aumenta. Ni tampoco y por la misma razón se pretende algún orden de su enumeración. Es simplemente orden alfabético.

3.1. Alimentos

Capsulas comestibles que miden tan solo unos pocos nanómetros para “mejorar” ciertos alimentos y crear productos como por ejemplo bebidas inteligentes; Envolturas inteligentes para el mercado de alimentos; Capas superhidrofóbicas; Nanopartículas para mejorar la calidad nutricional de alimentos; Biomarcadores (contaminación y descomposición de alimentos); Functional Food.

3.2. Automatización

Microrrobótica, Nanorrobótica, sensores de tacto flexibles mejoran el funcionamiento de robots, piezoreactores, sistemas de dosificación con precisión de picolitros (10^{-12} litros); Nanobombas de medios y nanoválvulas para el control de flujos; propulsión a chorro de iones; Herramientas superduras para el corte de metal.

3.3 Automotriz

Convertidores catalíticos eficientes también a baja temperatura; Lacas de brillo (cristales fotónicos); Pinturas y capas anticorrosivos; Pinturas antirasguños; Líquidas magnéticos para amortiguación y freno; Celdas de combustión en autos eléctricos; LED's en lugar de focos; Estabilizadores novedosos.

3.4. Computación

Memorias ferromagnéticas; Aparatos nanomecánicos derivados de ADN para la creación de polímeros de "diseño" con la encriptación de datos, o como un componente de variable input para la computación basada en ADN; Biocomputadores; Computación cuántica; pintrónica; Nanocomputadores.

3.5. Deporte

Pelotas, raquetas de tenis y bicicletas de carrera ultrainteligentes y resistentes en base a nanotubitos de carbono. El marco de tal máquina pesa menos de un kilo y goza de unos niveles excepcionales de rigidez y fuerza; Nanocompósitos; Aplicación de nanometales a cascos y patines para reducir la fricción; Hotbeds (calentapies).

3.6. Electrónica-Nanotrónica

Displays orgánicos; Memorias moleculares; Nanoemisores de electrones; Dentro de poco tiempo la Nanotecnología podrá servir para mejorar teléfonos móviles a través de la fabricación de tubos al vacío de nanotubitos de carbono, micrófonos microscópicos, lentes líquidas, brújulas conectadas con satélites de sistemas de posicionamiento global (GPS); Cables cuánticos (cables fabricados con Nanotecnología a partir de nanotubitos de carbono) son entre las tecnologías emergentes más importantes y podrían revolucionar los actuales sistemas de transmisión de electricidad. Magnoelectrónica (spintronics); Nanolitografía.

3.7. Energía

La Nanotecnología impacta en todas las tecnologías de energía de mayor interés, y transformará de forma dramática el cuadro de energía mundial; Mejores técnicas fotovoltaicas para fuentes de energía renovable; Paneles de energía solar; Celdas de combustible; Almacenes de Hidrogeno; Dispositivos de ahorro de energía; Metales orgánicos para pilas; Dispositivos cuantomecánicos; La Nanotecnología ayudara a resolver problemas relacionados con el almacenamiento, la generación y transmisión de energía.

3.8. Fabricación Molecular

Se ha creado una nanoestructura autoensamblable que se dirige a células humanas cancerígenas y emite moléculas de medicamentos en respuesta al cambio característico de muchos tipos de cáncer. Biónica; Ensamble, autoensamble y autoorganización para lograr sistemas funcionales grandes; Nanoagujas unidas al microscopio de fuerza atómica para penetrar el núcleo de células vivas; Nanoagujas para repartir moléculas tales como ácidos nucleicos, proteínas o otras sustancias químicas al núcleo, o incluso para realizar cirugía celular; Se ha desarrollado un polímero electro-óptico revolucionario- un material

logrado a través de la ingeniería molecular- que alcanza un grado de eficacia sin precedentes dentro de materiales avanzados de alto rendimiento.

3.9. Materiales Avanzados

Materiales más ligeros y mas fuertes; Materiales orgánicos; Pegamentos inteligentes (*bond-dibond on command*); Nanopartículas sintéticas; Compuestos micronizados (hacer vitaminas solubles en agua); Lacas autorreparables; Nanocables de polímero que miden tan solo 100 nm en diámetro; Partículas orgánicas con forma precisa y uniforme más pequeñas. La función potencial de tales nanopartículas orgánicas es la administración y liberación de medicamentos y la introducción de otros materiales orgánicos en el cuerpo humano.

3.10. Medicina

La “Revolución Médica” supone la aplicación de Nanotecnología a la medicina. Nuevos tratamientos desarrollados durante los próximos diez años podrían ayudar a combatir y tratar enfermedades cardiovasculares, diabetes y SIDA. Administración de medicamentos nanoencapsulados; Liberación controlada de fármacos; Tratamientos de ciertos canceres, tratar células cancerígenas a través de la aplicación de calor mediante nanopartículas; nanocables conectados al cerebro para tratar Parkinson y Alzheimer; Detector de infarto; Reingeniería de cornea; Riñones artificiales, etc.

3.11. Micromecánica

Motor molecular que funciona con energía química; Sistemas nanoelectrónicos (NEMS); Aparato nanomecánico derivado de ADN para la creación de polímeros de “diseño”.

3.12. Optoelectrónica-Nanofotónica

Nanoláseres; Funciones multimedia y realización de un entorno virtual; Manejo de enormes cantidades de datos (sencilla comunicación entre hombre y máquina; la casa segura,...); Tecnología basada en el uso de nanotubos para revolucionar el sector de pantallas planas y crear toda una nueva generación de Televisión de Alta Definición (HDTV). Nanohierba para sistemas avanzados electrónicos y fotónicos (nano-texturas para resolver problemas relacionados con gestión termal de sistemas avanzados fotofónicos y electrónicos); OLED's, el Periódico electrónico; Técnicas de iluminación novedosa; reflectores BRAGG; Fuentes luminosas de tamaños moleculares; Cristales fotónicos.

3.13. Industria Química

Catálisis con materiales nanoporosos; Nanomembranas; Nanofiltros; Dispersiones de polímeros; Pigmentos; Pegamentos diseñados (inteligentes).

3.14. Sensórica-Analítica

Se han aplicado Nanotecnología genética, utilizando sensores moleculares, para medir cambios en los niveles químicos del cerebro en tiempo real y a nivel de una sola célula. Nuevos sensores para aplicaciones en la medicina, en el control medioambiental y en la fabricación de productos químicos y farmacéuticos; Biolabeling; Dedo espectroscópico;

Nanobombas; Sensores de tacto flexibles mejoran el funcionamiento de robots; Control permanente y discreto de funciones corporales; Biochips con marcadores fluorescentes.

3.15. Superficies Ópticas

Cristales de ventanas, parabrisas y gafas que se empañan podrían ser algo que pertenece al pasado gracias a un cubrimiento con nanopartículas (Efecto LOTUS); Capas transparentes pero electroconductoras; Capas superhidrofóbicas; Superficies extremadamente lisas (fracción de un nm).

3.16. Salud

Cremas de protección solar con nanopartículas; Desodorantes; Adhesivo dental desarrollado con nanopartículas para reposición de esmalte; Técnicas de diagnostica "lab-on-a-chip"; Nanocables para detectar las proteínas que revelan la presencia de un cáncer; Últimas técnicas permiten la instalación de electrodos en el cerebro para restaurar sentidos como la vista o el oído y frenar los temblores de la enfermedad de Parkinson; Nanoestructuras autoensamblables que se dirigen a células humanas cancerígenas y emiten moléculas de medicamentos en respuesta al cambio de pH característico de muchos tipos de cáncer. Sensores biológicos de nanotubos de carbón podrían permitir que en el futuro los diabéticos midan el nivel de glucosa en su sangre sin tener que recurrir a una muestra de sangre; Determinación de los grupos sanguíneos desde la saliva.

3.17. Técnicas de Información

Nuevo diseño de un microchip que tiene nodos informáticos conectados por nanocables con una estructura parecida a la de neuronas y axonas del cerebro humano; Nuevo chip del tamaño de un grano de arroz ($2-4\text{mm}^2$) capaz de almacenar hasta 4 MB y de intercambiar datos vía *Wireless* a velocidad hasta de 10 MB/seg.; Memorias ferromagnéticas; Grandes pantallas planas; Tecnologías visuales que permiten pantallas mejores, más ligeras, finas y flexibles; Aplicación masiva de puntas STM/AFM para inscribir/leer datos sobre superficies.

3.18. Tecnología Medioambiental

Un nuevo solvente tratado con nanotecnología para facilitar la limpieza y recuperación de petróleo derramado en agua (SAM's- *Self assembled monolayers*); Fotocatalizadores para tratamiento de agua; Protección de radiación uv para alimentos y materiales de construcción (madera, papel, plásticos); Plásticos basados en vegetales (biopolímeros).

3.19. Textiles

Telas que combaten el frío, resisten manchas gracias a nanopelos, y combaten los olores al atrapar los microbios mediante el uso de nanopartículas. Colchones antimanchas (efecto LOTUS); Tela anti-alérgica con la aplicación de la nanotecnología.

Conclusiones

La participación exitosa de un país en los retos de la nanotecnología requiere previamente decisiones puntuales acerca de los sub-ramas, en que se requiere trabajar. Es tan amplio el campo, que solamente pocos países lo pueden cubrir por completo.

Inversiones financieras en una dimensión notable a las sub-ramas son prerequisite para justificar esperanzas de resultados y productos con impacto. Un criterio para eficiencia y cumplimiento con responsabilidad social en la investigación y el desarrollo de las ramas científico-tecnológicas es en primer lugar el número de innovaciones y patentes generadas por sus investigadores, y también sus publicaciones científicas.

Uno de los productos más valiosos serán las ideas y procedimientos tecnológicos en patentes. En el registro de patentes a nivel mundial se observa un despegue exponencial en su número durante la última década. La participación y contribución de los países latinoamericanos es mínima,- signo claro de una política de ciencias inadecuada.

Obviamente es la formación de recursos humanos una de las destacadas tareas del sistema educativo de un país. Nuevas carreras de estudio con relación directa a las nanociencias y nanotecnologías han aparecido en numerosas universidades del mundo. Sin embargo, propuestas para la implementación de ramas formativas y de investigación en sub-temas de la nanotecnología en nuestra universidad no han tenido éxito hasta muy recientemente.

No cabe duda, que la nano-revolución exige nuevos enfoques y modalidades educativas; ¿Cuáles son, quien las pide y como se introducen, para que los estudiantes de hoy serán los emprendedores de la pequeña y media industria del mañana?

No cabe duda, también nanotecnología en combinación con inteligencia artificial tiene el potencial intrínseco de una última herramienta destructiva. El peligro, que puede surgir de la nanotecnología es real, incluso en una dimensión mucho más allá del peligro, que se ha reconocido en las armas nucleares desde su primera "demostración" sobre Hiroshima. No ha sido posible contener la expansión del aumento nuclear sobre el globo, mucho menos servirán soluciones extremas, como moratorios, en la utilización de la nanotecnología.

Ciencia y ética en la nanotecnología no solamente merecen el mismo nivel de atención [39-43], para el bien de la humanidad es indispensable adherir a mecanismos que aseguran su sobrevivencia. En la elaboración de estos mecanismos, todos tenemos responsabilidades.

En fin, la Nanotecnología, la NanoBiotecnología y en particular la Nanotrónica ya juegan un papel extraordinario en los presentes tiempos. Las actividades científico-tecnológicas en su desarrollo son expresamente multidisciplinarias.

Los grupos de actores (investigadores) requieren adquirirse una sólida base de conocimientos en la mecánica cuántica, la física y química molecular, las matemáticas y las ciencias de la computación, las ciencias de los materiales, las tecnologías más sofisticadas en la formulación de materiales y estructuras, la física de interfases y análisis con resolución en espacio y energía, la biología y genética, y lo que surja con el tiempo.

Es indispensable fortalecer las actividades pronósticas. La visión a un futuro, que siempre se convierte más rápidamente presente, debe salvar a los investigadores de seguir trabajando en la tercera aproximación a un problema que a nadie ya interesa.

Bibliografía

- [1] Bhushan, B.: "Springer Handbook of Nanotechnology", pp. 1222, Ed. Springer-Verlag, Berlin, 2004.
- [2] Zehe, A.: "Nanopatentes", pp. 322, Ed. Universidad, Puebla, 2007.
- [3] Camazine, S., Deneubourg J., Franks, N., Sneyd, J., Theraulaz, G., Bonabeau, E.: "Self-Organization in Biological Systems", pp. 560, Ed. Princeton University Press, 2003.
- [4] Jones, W.: "Supramolecular Organization and Materials Design", pp. 456, Ed. University of Cambridge Publ., Cambridge, 2002.
- [5] Lehn, J.-M.: "Supramolecular Chemistry: Concepts and Perspectives", pp. 271, Ed. Wiley-VCH, 1995.
- [6] Cui, Z.: "Micro-Nanofabrication. Technologies and Applications", pp. 300, Ed. Springer, Berlin, 2006.
- [7] Kumar, C., Hormes, J., Leuschner, C.: "Nanofabrication Towards Biomedical Applications: Techniques, Tools, Applications, and Impact", pp.442, Ed. Wiley-VCH, 2005.
- [8] Sergeev, G. B.: "Nanochemistry", pp. 262, Ed. Elsevier, 2006.
- [9] Steed, J., Turner, D., Wallace, K.: "Core Concepts in Supramolecular Chemistry and Nanochemistry", pp.320, Ed. John Wiley and Sons Ltd., 2007.
- [10] Brechignac, C., Houdy, P., Lahmani, M.: "Nanomaterials and Nanochemistry", Ed. Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg GmbH & Co., 2007.
- [11] Green, J., Choi, J., Boukai, A., Bunimovich, Y., Johnston-Halerin, E., Delonno, E., Luo, Y., Sheriff, B., Xu, K., Shin, Y., Tseng, H.-R., Stoddart, J., Heath, J.: "A 160-kilobit molecular electronic memory patterned at 10^{11} bits per square centimeter", pp.414-417, Nature 445, 2007.
- [12] Gogotsi, Y.: "Nanomaterials Handbook", Ed. Taylor & Francis Ltd., 2006.
- [13] Rao, C.N.R., Müller, A., Cheetham, A.: "Nanomaterials Chemistry", pp. 405, Ed. Wiley-VCH, Weinheim, 2007.
- [14] Geckeler, K., Rosenberg, E.: "Functional Nanomaterials: 1", pp. 515, Ed. American Scientific Publishers, 2005.
- [15] Balbuena, P.B., Seminario, J.M.: "Nanomaterials: Design and Simulation", pp. 328, Ed. Elsevier, 2006.
- [16] Eklund, P.C., Rao, A.M.: "Fullerene Polymers and Fullerene Polymer Composites", Ed. Springer-Verlag, 2000.
- [17] Shoseyov, O., Levy, I.: "Nanobiotechnology", pp. 500, Ed. Humana Press Inc., U.S., 2007.
- [18] James, G.: "Nanobiotechnology", pp. 400, Ed. Taylor & Francis Ltd., 2008.
- [19] Nill, K.R.: "Glossary of Biotechnology and Nanobiotechnology Terms", pp. 416, Ed. CRC Press Inc., 2005.
- [20] Martin, D.: "Nanobiotechnology of Biomimetic Membranes", pp. 174, Ed. Springer-Verlag New York Inc., 2007.
- [21] Kumar, C.S.S.R.: "Biofunctionalization of Nanomaterials Vol. 1", Ed. Wiley, 2006.
- [22] Binnig, G., Rohrer, H.: "Helvetica Physica Acta", Bb. 55, Nr. 6, S. 726, 1982.
- [23] Vilarinho, P.M., Rosenwaks, Y., Kingon, A.: "Scanning Probe Microscopy: Characterization, Nanofabrication and Device Application of Functional Materials: Proceedings of the NATO Advanced Study", pp. 488, Ed. Springer, 2005.

- [24] Wang, Z.L.: "Characterization of Nanophase Materials", pp. 406, Ed. Wiley-VCH, 2000.
- [25] Zehe, A.: "Herramientas Analíticas de Interfases Sólidas", Ed. IVC Dresden, 2000.
- [26] Binnig, G., Quate, C.F., Gerber, C.H.: "Physics Review Letters", Bb. 56, Nr. 9, S. 930, 1986.
- [27] Zehe, A.: Moletrónica: www.moletronica.buap.mx, Microelectrónica. Tecnología Epitaxial de Silicio.
- [28] Dragoman, M., Dragoman, D.: "Nanoelectronics: Principles and Devices", pp. 426, Ed. Artech House, 2006.
- [29] Lyshevski, E.: "Molecular Electronics, Circuits, and Processing Platforms", Ed. CRC Press Inc., 2007.
- [30] Ozkan, M., Heller, M., Ferrari, M.: "Biomems and Biomedical Nanotechnology: Micro-and-nano-technologies for Genomics and Proteomics v. 2", pp. 564, Ed. Springer-Verlag New York Inc., 2006.
- [31] Durkan, C.: "Current at the Nanoscale: An Introduction to Nanoelectronics", pp. 250, Ed. Imperial College Press, 2007.
- [32] Hanson, G.: "Fundamentals of Nanoelectronics", pp. 400, Ed. Prentice-Hall, US Edition, 2007.
- [33] Novotny, L., Hecht, B.: "Principles of Nano-Optics", pp. 558, Ed. Cambridge University Press, 2006.
- [34] Prasad, P.N.: "Introduction to Biophotonics", Ed. Wiley-Intersci, 2007.
- [35] Chang Thomas Ming Swi: "Artificial Cells: Biotechnology, Nanomedicine, Regenerative Medicine, Blood Substitutes, Bioencapsulation, and Cell/Stem Cell Therapy", Ed. WSC, 2007.
- [36] Kumar, C.S.S.R.: "Nanomaterials for Cancer Diagnosis (Nanotechnologies for the Life Sciences)", pp. 448, Ed. Wiley-VCH, 2007.
- [37] Jain, K.: "Nanobiotechnology in Molecular Diagnostics: Current Techniques and Applications", pp. 185, Ed. Horizon, 2005.
- [38] Mozafari, M.R.: "Nanomaterials and Nanosystems for Biomedical Applications", pp. 235, Ed. Kluwer Academic Publishers, 2007.
- [39] Fryxell, G., et al.: "Environmental Applications of Nanomaterials: Synthesis, Sorbents and Sensors", pp. 520, Ed. ICP, 2007.
- [40] Karn, B., Masciangioli, T., Zhang, W.-X., Colvin, V., Alivasatos, P.: "Nanotechnology and the Environment: Applications and Implications", pp. 416, Ed. Oxford University Press Inc., USA, 2004.
- [41] Harrison, R.M., Hester, R.: "Nanotechnology: Consequences for Human Health and the Environment", pp. 381, Ed. Royal Society of Chemistry, 2007.
- [42] Sellers, K.: "Nanotechnology and the Environment", Ed. CRC Press, 2008.
- [43] Ach, J.S., Siep, L.: "Nano-bio-ethics: Ethical Dimensions of Nanobiotechnology", pp. 120, Ed. Lit Verlag, Germany, 2006.
- [44] Amos, M.: "Genesis Machines: The New Science of Biocomputation", pp. 320, Ed. Atlantic Books, 2006.

