



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Físicas

Escuela Académico Profesional de Física

Nanociencia, nanotecnología y su desarrollo en el Perú

MONOGRAFÍA TÉCNICA

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Física

AUTOR

Máximo Moisés GALARZA ESPINOZA

ASESOR

Carlos Vladimir LANDAURO SÁENZ

Lima, Perú

2009



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Galarza, M. (2009). *Nanociencia, nanotecnología y su desarrollo en el Perú*. Monografía Técnica para optar el título profesional de Licenciado Física. Escuela Académico Profesional de Física, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Dedicatoria

A mis padres por el apoyo brindado y por ser guías en mi vida.

Agradecimientos

Deseando satisfacer al lector y tratando de difundir el conocimiento acerca de la nanociencia y la nanotecnología, es que hago llegar mi agradecimiento de manera muy especial al Dr. Carlos Landauro Sáenz, catedrático de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por su tiempo y valioso apoyo brindado en la asesoría de esta monografía, ya que sin ese apoyo este trabajo no se hubiese podido llevar a cabo. También agradezco al Dr. Abel Gutarra, catedrático de la Universidad Nacional de Ingeniería por la información valiosa que me proporcionó sobre el desarrollo de la nanociencia en el Perú.

CONTENIDO

Capitulo 1	Introducción.....	7
Capitulo 2	Historia de la Nanociencia y Nanotecnología.....	13
Capitulo 3	Importancia de la Nanociencia.....	18
	3.1.- Control de propiedades fundamentales.....	18
	3.2.- Alta razón superficie / volumen.....	21
	3.3.- Mayor densidad de componentes.....	23
Capitulo 4	Métodos Generales.....	25
	4.1.-Nanotecnología de arriba a abajo (<i>top-down</i>).....	25
	4.2- Nanotecnología de abajo a arriba (<i>bottom - up</i>).....	27
Capítulo 5	Aplicaciones a los diferentes campos.....	32
Capitulo 6	Nanotecnología en el Perú.....	37
	6.1- Instituciones e investigadores que promueven la Nanotecnología en el Perú.....	39
	6.2.- Universidades y grupos.....	40
	6.3.- Capacidades locales.....	45
	6.4.- Posibles fuentes de financiamiento.....	46
Capitulo 7	Conclusiones.....	47
Apéndice	49
Referencias	52

Capitulo 1

INTRODUCCION

En el horizonte inmediato la nanotecnología se impone con sólidos cimientos en la física, la biología y la química, marcando el paso de los negocios y la dirección del futuro de las sociedades. Pero actualmente la investigación en la nanociencia está directamente asociada con la creación de materiales útiles para su aplicación en la nanotecnología. Esta tecnología se basa en el estudio de sistemas en la escala de 1 a 100 nanómetros. Un Nanómetro es una milmillonésima parte de un metro (10^{-9}m) [1]. El saber intuitivamente cuan pequeño es un nanómetro no es tan fácil por ello el comparar diferentes sistemas que corresponden a diferentes escalas puede ser una manera adecuada de darse cuenta cuan pequeño es un nanómetro. Por ejemplo, una hoja de papel es de unos 100000 nanómetros de grosor, si una persona es rubia, su cabello es probablemente de 15000 a 50000 nanómetros

de diámetro, sin embargo si su cabello es de color negro su diámetro es probable que este entre 50000 y 180000 nanómetros.


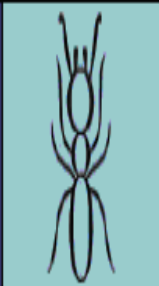
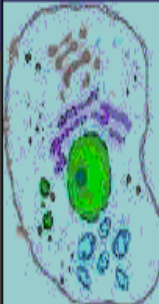

<p>1 metro (m). El mundo macro.</p>		<p>1 persona = 1.70 metros 1.70×10^9 nm</p>
<p>1 milímetro (mm) (1000 milímetros = 1 metro). El mundo chiquito.</p>		<p>1 hormiga = 5 milímetros 5×10^6 nm</p>
<p>1 micrómetro (μm) (1000 micrómetros = 1 milímetro). El mundo de las células.</p>		<p>1 célula = 20 micrómetros 20×10^3 nm</p>
<p>1 nanómetro (nn) (1000 nanómetros = 1 micrómetro) El mundo de la nanotecnología.</p>		<p>Un virus = 60 nanómetros</p>

Figura N 1 : Muestra las diferentes escalas de lo grande hasta llegar al mundo de la nanotecnología.[F1]

En el mundo macro hablamos de metros; por ejemplo una persona mide más o menos 1,70 metros. En el mundo que llamamos pequeño se habla de milímetros; por ejemplo una hormiga mide 5 mm. En el mundo de las células hablamos de micrómetros; por ejemplo una célula mide 20 micrómetros y en el mundo de la nanotecnología se habla de nanómetros; por ejemplo los virus son del orden de 60 nanómetros [2] (ver fig. 1).

Es en esta escala donde se vienen aplicando los conocimientos, métodos o instrumentos de la ciencia para propósitos prácticos como los de la industria, el comercio, la medicina, etc. [3]. Además, como se sabe la tecnología tiene que ver con la aplicación del conocimiento científico a la producción de nuevos productos [4]. Entonces, la nanotecnología está basada en un conocimiento estructurado y sistemático de las cosas en la escala nanométrica [5]. A la ciencia que provee dicho conocimiento se le conoce como nanociencia, la cual no es otra cosa que el estudio controlado de sistemas cuyo tamaño es de unos pocos (1-100) nanómetros [6]. La nanociencia es distinta a las otras ciencias porque aquellas propiedades que no se pueden ver a escala macroscópica adquieren importancia; además del cuidado que se debe tener al aplicar teorías adecuadas para dicha escala. Es así que la mecánica cuántica ocupa un papel preponderante en el estudio de los nano-sistemas. El estudio y comprensión de sistemas muy pequeños nos permite saber como ellos se pueden ensamblar para formar sistemas más grandes. Ello, a su vez, nos permite modificar ese proceso de formación para inducir a la formación de nuevos materiales con nuevas e increíbles características, donde la clave del proceso parece estar en las unidades básicas que definen el sistema en la escala nanométrica (1-100 nm) [7]. La figura 2 nos muestra la relación que existe entre las definiciones indicadas líneas arriba. Aquí es importante indicar que no era evidente saber que la materia a escala más pequeña (nanométrica) tendría propiedades tan distintas a cuando está a escala normal. A escala nanométrica no aplican las reglas ordinarias de la física y la química. Las características de los materiales tales como el color, conductividad o reactividad pueden diferir sustancialmente en la nanoescala con respecto a su contraparte macroscópica [8,9]. Aquí cabe resaltar que en estos momentos es tan difícil establecer la distinción estricta

entre las investigaciones básicas, aplicadas y los desarrollos tecnológicos en la ciencia y la tecnología a escala nanométrica que internacionalmente ya es habitual englobar en el término **nanotecnología** tanto a la ciencia como a la tecnología a escala nanométrica.

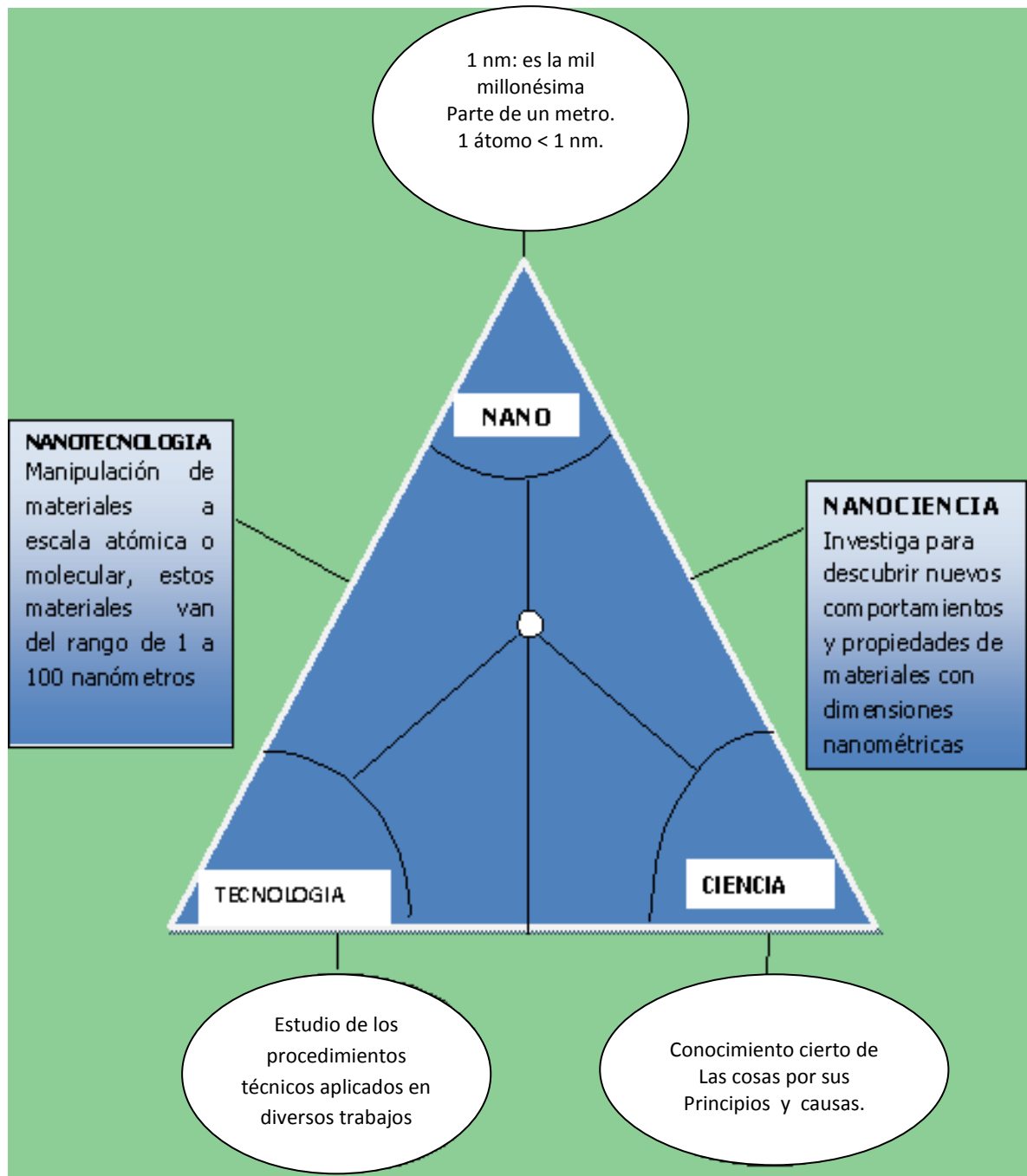


Figura N 2 Muestra la relación que existe entre las definiciones sobre: tecnología, ciencia, nano.

La implicancia del estudio de sistemas nanoscópicos no se concentra sólo en la búsqueda de conocimiento por sí misma sino que tiene implicaciones directas en el mercado. Es así que se especula que la nanotecnología podría ayudar a las empresas a salir de las crisis financieras: con esta premisa en mente una correduría internacional ya lanzó el índice Nanotech que será negociado en la bolsa de valores de Nueva York bajo el símbolo de NNZ integrado por las acciones de 25 empresas relacionadas con la Nanotecnología. Las empresas comprometidas en ello están relacionadas áreas como semiconductores, biotecnología, instrumentación, sensores, diagnósticos, desarrollo de medicamentos, materiales nuevos. Entre las firmas más comprometidas e importantes tenemos industrias como IBM, Motorola, HP, Lucent, Hitachi, Mitsubishi, Nec, Corning, Dow Chemical y 3M [10].

En opinión de experimentados especialistas de todo el globo, esta nueva ciencia ofrece horizontes fantásticos. Para lo que resta de la década, el prefijo “nano” estará en boca de todos: en el sector de las telecomunicaciones habrá nanocables metálicos o magnéticos para la construcción de nano-equipos electrónicos y la interconexión mecánica de equipos cuánticos. Así mismo, habrá nano-materiales para satisfacer las necesidades de innovación e integración en las industrias de información, comunicación y electrónica de consumo, lo que permitirá a los fabricantes proveer productos más competitivos, ligeros, compactos y mejor integrados [11]. Ya en estos momentos la nanotecnología desarrolla polímeros para crear nuevos plásticos, nylon, resinas con más prestaciones y propiedades mecánicas. En pocos años las industrias de autos estarán en condiciones de diseñar automóviles con superficies pintadas con pinturas que contengan nano-partículas y eso promete grandes beneficios. Estos resultados son importantes desde el punto de vista de la ciencia dado que ello permite acercar más las empresas a las universidades, lugar donde se desarrolla principalmente la nanociencia. La ciencia adquiere así un papel central dentro de las juntas de directorios de empresas importantes.

La nanotecnología promete beneficios de todo tipo, desde aplicaciones médicas nuevas o más eficientes a soluciones de problemas ambientales. El aumento de la ciencia y la tecnología ha llevado a la búsqueda de herramientas y dispositivos más eficientes, capaces y prácticos, por ende más pequeños [12]. Drexler admitió que esto sería un ensamblaje revolucionario y que se podría hacer cosas increíbles. [13]. La nanotecnología y sus aplicaciones están cada vez más presentes en nuestra vida cotidiana. La medicina, la ingeniería, la informática, la mecánica, la física y la química son sólo algunas de las disciplinas que ya se están beneficiando o pronto lo harán de las posibilidades que ofrece la nanotecnología, que no es otra cosa que la rama de la tecnología que se ocupa de la fabricación y el control de estructuras y maquinas de tamaño minúsculo, a escala nanométrica.

El objetivo del presente trabajo monográfico es mostrar las bondades, limitaciones y peligros que conlleva el desarrollo de esta rama de la ciencia y la tecnología, no sólo desde el ámbito global sino también desde el ámbito local. Como la ciencia y tecnología del siglo XXI, la nanotecnología debe ser considerada dentro de los programas de investigación y educación del Perú. Este trabajo está organizado como sigue. En el capítulo 2 se hace una breve reseña de la historia de la nanotecnología, mientras que en el capítulo 3 se presentan las razones principales de su importancia. Los métodos empleados en el estudio de los sistemas nanoscópicos se desarrolla en el capítulo 4. Para indicar la trascendencia de la nanociencia en el capítulo 5 se indican las diferentes potenciales aplicaciones en los aspectos más variados de la ciencia, industria, salud, economía y educación. En el capítulo 6 se hace una breve revisión de lo que se ha desarrollado, con respecto a la nanociencia, en el Perú. Finalmente, las conclusiones son mostradas en el capítulo 7.

Capítulo 2

HISTORIA DE LA NANOTECNOLOGÍA

El ganador del premio nobel de física **Richard Feynman** (ver figura 3) fue el primero en hacer referencia a las posibilidades de la nanociencia y la nanotecnología en el célebre discurso que dio en el CALTECH (Instituto Tecnológico de California) el 29 de diciembre de 1959 titulado “**Al fondo hay espacio de sobra**” (*There is plenty Room at the bottom*) [14].

En aquella conferencia Feynman trató sobre los beneficios que supondría para la sociedad el que fuéramos capaces de manipular la materia y fabricar artefactos con una precisión de unos pocos átomos, lo que corresponde a una dimensión de 1 nm, aproximadamente. Feynman pronosticó correctamente;

por ejemplo, el impacto que tendría la miniaturización sobre las capacidades de las computadoras; también predijo el desarrollo de los métodos que se emplean en la actualidad para fabricar circuitos integrados y la aparición de técnicas para trazar figuras extremadamente finas mediante haces de electrones. Incluso planteó la posibilidad de producir máquinas a escala molecular, que nos permitirán manipular moléculas. Después de 40 años de aquella conferencia los expertos que trabajan en el campo de la nanotecnología empezaron a poner en práctica algunas de las ideas propuestas originalmente por Feynman y muchas más que no se previeron en ese entonces.



Richard Feynman

FIGURA N 3 Richard Feynman : científico y profesor. [F2].

Veamos algunas declaraciones que Feynman hizo en ese entonces “*Los principios de la física, tal y como yo los entiendo, no niegan la posibilidad de*

manipular las cosas átomo por átomo". Al nivel de lo atómico aseguró el profesor Feynman "*muchas cosas nuevas podrán suceder*" porque las partículas se comportan en forma distinta a lo que ocurre a mayor escala. "*Si nos reducimos y comenzamos a jugar con los átomos allá abajo estaremos sometidos a unas leyes diferentes y podremos hacer cosas diferentes*". "¿qué pasaría si nosotros pudiéramos arreglar los átomos uno por uno de la manera que nosotros queramos?" [15]. En la actualidad vemos que ello es una realidad y, más aún, con la capacidad y creatividad de los científicos esto irá en aumento.

El término "nanotecnología" fue acuñado por **Nomo Taniguchi**. [16] en 1974 en relación con la fabricación de productos mediante métodos de mecanizado. Taniguchi mostró cómo la tendencia a aumentar la precisión de fabricación estaba llevando inexorablemente al punto en que, en el año 2000, las piezas fabricadas con un mecanizado "normal" tendrían una precisión de 1mm, mientras que el mecanizado de "precisión" supondría una precisión de 10 nm y el "ultrapreciso" de hasta 1 nm. Sus predicciones demostraron en muchos casos ser correctas. Este tipo de nanotecnología forma parte de un grupo denominado a menudo "**nanotecnología de arriba abajo**", que se acercan a la precisión necesaria gradualmente, sobre todo mediante refinamiento de métodos de fabricación anteriores.

En 1981 el físico alemán **Gerd Binnig** [17], con el suizo **Heinrich Rohrer** [18] contribuyeron al desarrollo y perfeccionamiento del microscopio de barrido de efecto túnel o *Scanning tunneling microscope* (STM), que inventara **Ruska** [19]. Este microscopio permite "ver" la imagen de los átomos ya que dispone de una punta tan delgada que su extremo es un único átomo por donde fluye una débil corriente eléctrica, esta se hace aproximar a una distancia menor que un nanometro al material conductor que se está estudiando, manteniendo una diferencia de potencial de un voltio. Como la punta y el material son conductores, la corriente circula en el vacío que hay entre la punta del microscopio de tunelacion de barrido con el material en estudio debido al efecto físico llamado efecto túnel. En función de las diferencias de voltaje, cuando la punta recorra la muestra, un software conectado al sistema va diseñando la imagen de la superficie, mostrando como están dispuestas las moléculas,

modulando el voltaje que llega a la punta del microscopio, estos permiten no solo “ver” átomos y observar en tiempo real los procesos físicos, sino mover y manipular los átomos, colocarlos en nuevas posiciones. Por ello este instrumento fue muy importante en el desarrollo inicial de la nanotecnología.

En 1985, **R. Smalley** [20] , **R. Curl** [21] y **H. Kroto** [22] , en una universidad de Houston, al vaporizar con un láser una muestra de carbono se descubrieron los fullerenos, la existencia de un tipo de molécula de carbono hasta entonces desconocido (solo se conocía el diamante y el grafito). Esta molécula que llamaron fullereno se compone de 60 átomos de carbono y tiene la forma de una pelota de fútbol. Este descubrimiento les valió el premio Nóbel de Química de 1996. Fue esencial para el desarrollo de la nanotecnología al mostrar las propiedades del fullereno, como la de ser superconductores, altamente estables, capaces de soportar altas temperaturas y presión. Otro aspecto intrigante es la capacidad de los átomos de carbono de esta molécula de reaccionar con otros átomos y moléculas manteniendo su estructura y forma estable. Los investigadores vieron en ello la posibilidad de formar moléculas que pudieran ser adheridas a los fullerenos para diversos propósitos.

Posteriormente, en 1991 **Sumio Iijima** [23] descubrió los nanotubos de carbono, que también presentan propiedades novedosas asociadas a su escala. Al cambiar su diámetro, por ejemplo, cambia su conductividad eléctrica, de manera que pueden comportarse como metal, como semiconductor o como súperconductor. Actualmente la investigación en nanotubos de carbono es una de las más promisorias [24].

Entre los pioneros de la nanotecnología no puede dejar de mencionarse a K. Eric Drexler (Ver figura 4), investigador y autor cuyo trabajo se centra en nanotecnología y las direcciones actuales de investigación en ese campo [25], quien en 1986 publica “*Engines of creation: The coming era of Nanotechnology*” en el que expuso las perspectivas de fabricación molecular usando tecnología avanzada y aplicando la nanotecnología para diversos campos como el medio ambiente, la salud, electrónica ,etc. También ha indicado sus riesgos y posibles respuestas políticas [26]. Basado en los avances de la ingeniería molecular, Drexler plantea la posibilidad de que

robots realicen sus tareas como lo hace el ADN, es decir estos robots serían capaces de desarrollar funciones específicas. Esto provocó una revolución en la filosofía en los procesos de evolución (desarrollo) al sugerirse la posibilidad de fabricar de lo pequeño a lo grande, manipulando átomos y moléculas sin dejar residuos.

Drexler actúa como Asesor Técnico Principal de una compañía de desarrollo de fuente abierta para software de diseño estructural de ADN usando nanotecnología. Asesora sobre cómo la investigación actual puede ser dirigida de manera más efectiva hacia los objetivos de alta rentabilidad y aborda las implicaciones de las nuevas tecnologías para nuestro futuro, incluida su utilización para resolver, en lugar de retrasar, a gran escala de los problemas más importantes de la humanidad, como el calentamiento global. Eric Drexler radica actualmente en los Altos, California, con su esposa, Rosa Wang. [27]

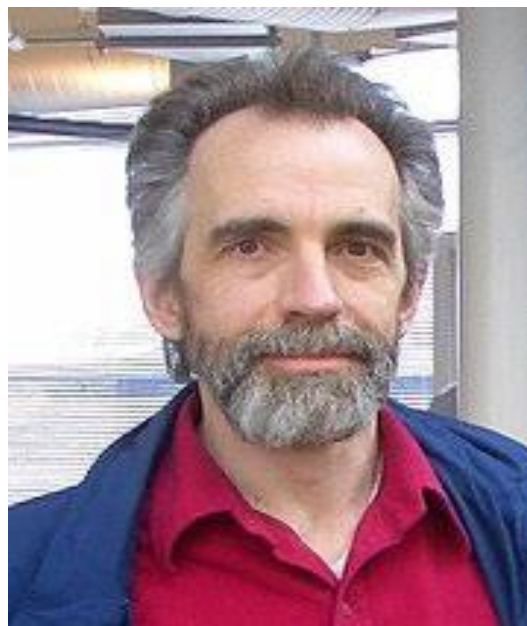


FIGURA 4. K.E. DREXLER. es un investigador y autor de *Engines of creation: The coming era of Nanotechnology*. [F3].

Capitulo 3

IMPORTANCIA DE LA NANOTECNOLOGIA.

Durante la evolución y desarrollo de la nanotecnología se ha podido evidenciar las respuestas al porque esta nueva tecnología es importante. Estas respuestas se encuentran en tres razones básicas:

3.1.- CONTROL DE PROPIEDADES FUNDAMENTALES.- La primera razón esta dada en que creando estructuras a escala nanométrica es posible controlar propiedades fundamentales de los materiales; utilizando este potencial tendremos productos y tecnologías de altas prestaciones nunca antes alcanzadas.

En los últimos años se ha comprobado que la organización de la sustancia a escala nanométrica es la clave del futuro de los sistemas biológicos. La nanotecnología permitirá ubicar componentes en el interior de células y obtener nuevos materiales usando el método de **auto-organización** propia de la naturaleza. Esta potente combinación de la ciencia de materiales y la biotecnología permitirá procesos e industrias completamente novedosas.

En la escala masiva (macroscópica) por ejemplo: el oro es un excelente conductor de calor y electricidad, pero nada sucede cuando incide una luz en una pieza de oro. Sin embargo, sucede algo casi mágico cuando se forman estructuras de nano-partículas de oro: ellas empiezan a absorber la luz (lo que no sucede a escala macroscópica); dicha energía puede convertirse en calor y así se podría plantear su uso como una máquina térmica en miniatura que pueda matar células no deseadas en el organismo, como las células del cáncer. Otros materiales pueden llegar a ser mucho más resistentes cuando son construidos de una manera controlada. Por ejemplo, los tubos de carbono 1/100000 veces el diámetro de un cabello humano son increíblemente resistentes (ver cuadro 1).

CUADRO N° 1.- Muestra la diferencia de las propiedades de algunos elementos a escala normal y a nanoescala [28] y [29].

PROPIEDADES		
ELEMENTO	A ESCALA NORMAL	A NANOESCALA
ORO	ES un excelente conductor de calor y electricidad, pero no de luz	Absorbe luz
OXIDO DE ZINC	Aparece en blanco y opaco	Es transparente
CARBONO	En la forma de grafito es muy maleable y suave	Es más resistente que el acero y seis veces más ligero

COBRE	Es un metal blando con buena maleabilidad	Presenta dureza extrema
CAUCHO	No es conductor	Es conductor
ALUMINIO	No presenta combustión espontánea	Presenta combustión espontánea

Más aún: dependiendo de la forma de la nanopartícula, esta puede tener comportamientos diferentes por ejemplo, en el caso de la plata y el oro la respuesta en color depende de la forma y tamaño de la nanopartícula (ver figura 5).

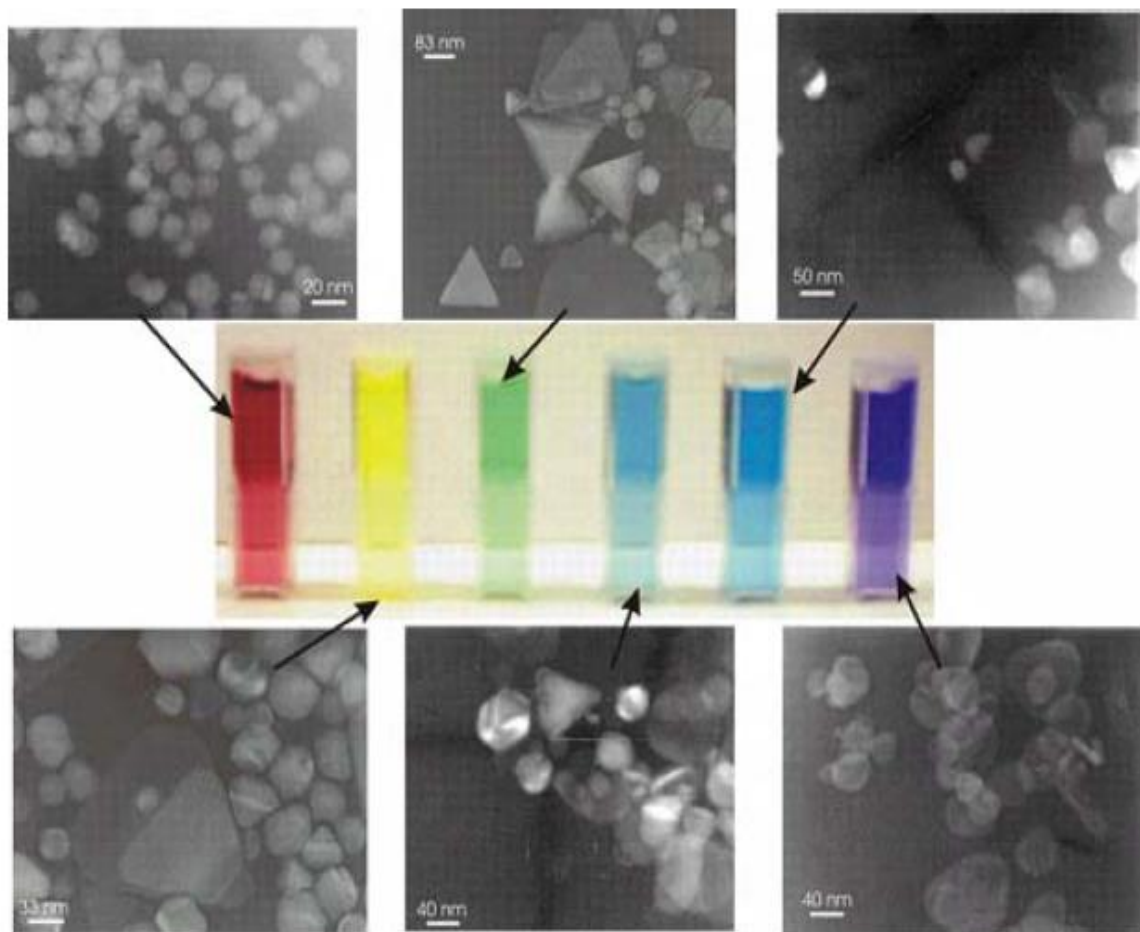


FIGURA 5. Nos muestra los cambios de color en nanopartículas para la plata (parte superior) y el oro (parte inferior) dependiendo de su forma y tamaño. [F4].

3.2.- ALTA RAZON SUPERFICIE / VOLUMEN .- Otra razón por la cual la nanotecnología es muy importante esta dada en el hecho de que los sistemas nanoestructurados tales como nanopartículas y nanocapas tienen una altísima razón superficie/volumen, siendo esta razón ideal para el uso en materiales compuestos, reacciones químicas, liberación controlada de drogas y almacenamiento de energía. La interpretación de algunas situaciones cotidianas se encuentra en las llamadas leyes de escala, que relacionan magnitudes físicas o biológicas del cuerpo o ser vivo que se esté considerando.

Para explicar esta razón miremos la figura 6:

Tenemos en A, el número de átomos de la superficie (N_s) Y el número de átomos internos (N_{IN}) que están abarcando casi la totalidad de la esfera dando lugar a un bajo valor en la relación superficie/volumen (s/v). Pero en B se muestra un sistema mucho más pequeño (esfera de radio mucho menor) donde el número de átomos de la superficie será apreciable con respecto al número de átomos internos, entonces la relación superficie/volumen será mucho mayor. Los átomos internos y externos determinan las propiedades de un sólido: cuando los átomos internos son muchos más en proporción a los átomos superficiales serán ellos los que definirán las propiedades del sistema, lo contrario ocurre a escala nanoscópica donde las propiedades dependen de los átomos superficiales los cuales, a la vez, dependen del tamaño del sistema (ver figura 6). Esto nos ayuda a entender como algunos animales tan pequeños pueden hacer cosas sorprendentes. Por ejemplo, las hormigas son capaces de transportar cargas que superan en tres o cuatro veces su propio peso; las pulgas, con unas dimensiones del orden de 1 mm, son capaces de dar saltos de 20 cm. (es decir, 200 veces su propia altura); un ratón pequeño cae de un segundo piso, se levanta y sale corriendo como si nada hubiera ocurrido. La interpretación de estas situaciones se encuentra en las llamadas leyes de escala, que relacionan magnitudes físicas o biológicas como son el tamaño, peso, volumen, fuerza muscular, resistencia al aire, velocidad, fragilidad,

pérdida o absorción de calor, etc. Esto significa que el pequeño tamaño de las bacterias condiciona un mayor contacto directo con el medio ambiente inmediato que las rodea, lo que se traduce en que reciben las influencias ambientales de forma inmediata. El pequeño tamaño condiciona una alta tasa de crecimiento. La velocidad de entrada de nutrientes y la de salida de productos de desecho es inversamente proporcional al tamaño de la célula es decir cuanto mas pequeño sean mayor nutrientes van a entrar en la bacteria y por lo tanto se reproduzcan más rápidamente. [30].

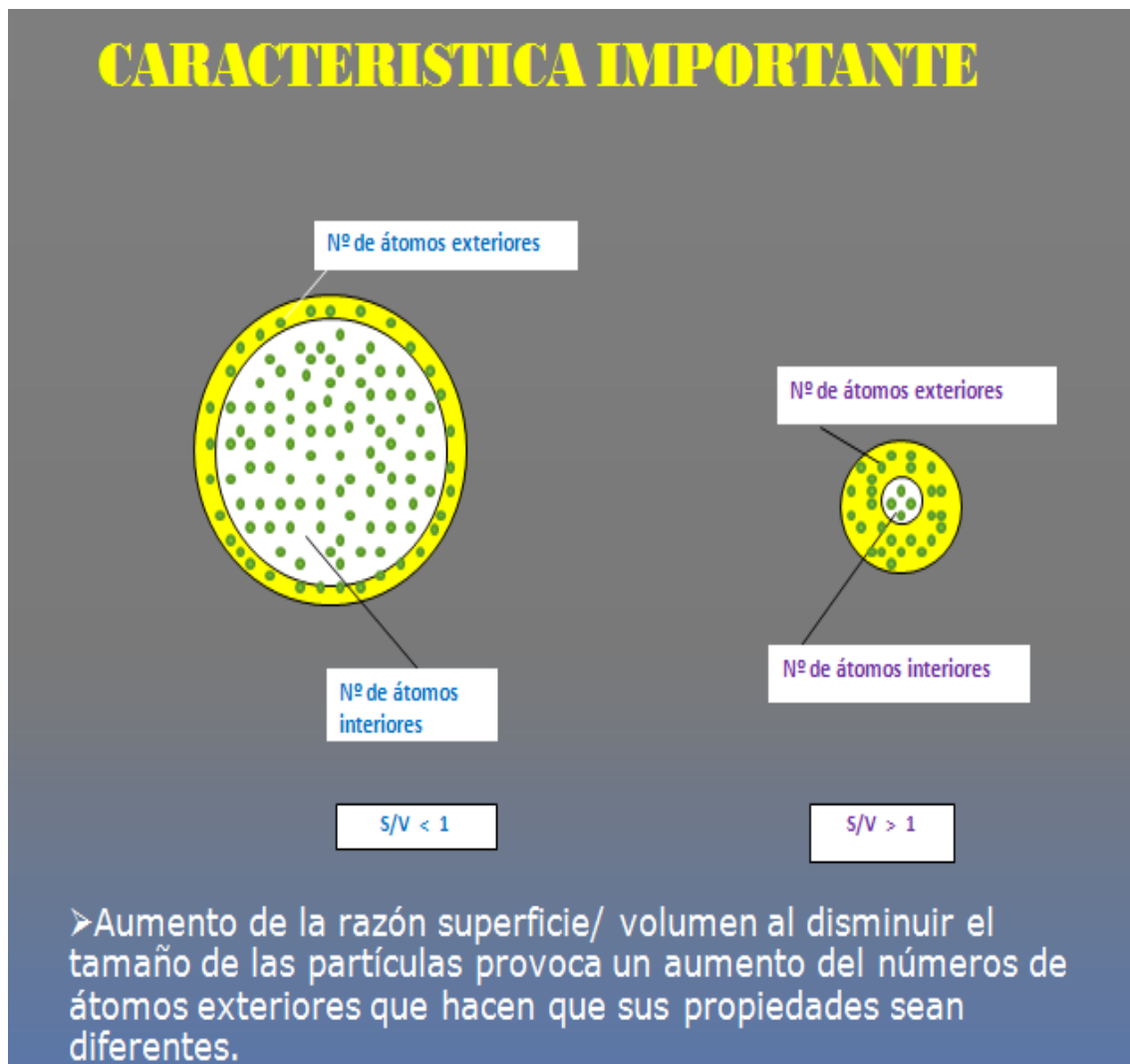


FIGURA N 6. Muestra la característica importante porqué cambia el comportamiento de la materia en nanoescala, donde la figura B tiene mayor razón: S/V que la figura A

3.3.- MAYOR DENSIDAD DE COMPONENTES.- Por último debe destacarse que las nanoestructuras son sistemas tan pequeños que ellos pueden ser usados para construir dispositivos que contengan una mayor densidad de componentes en comparación con los dispositivos micrométricos ; controlando las interacciones y la complejidad de las nanoestructuras pueden lograrse nuevos conceptos de dispositivos electrónicos, circuitos más pequeños y más rápidos, funciones más sofisticadas y una gran reducción de la potencia consumida ,esto ya es muy importante en la electrónica y en la informática que ya se está viendo grandes resultados como la rapidez de computadoras y a la vez más pequeñas para uso personal.

Probablemente el más importante avance tecnológico en la ultima mitad del siglo XX fue el uso del Silicio. Los microchips y sus revolucionarias aplicaciones en computación, comunicación, medicina y diversos aparatos electrónicos. Todo esto permitió el desarrollo de la tecnología. En el año 1950 solo existía el televisor blanco y negro y a nivel mundial no había más que solo 10 computadoras, actualmente las computadoras constantemente están siendo mejoradas y se consiguen cada vez mejor y mas baratas, la razón es que se viene dando la creciente confianza y decreciente precio del silicio.

Gordon Moore uno de los fundadores de “Intel Corporation”, dio dos leyes empíricas para describir el increíble avance en los circuitos integrados. La primera Ley de Moore usualmente referida como simplemente la ley de Moore dice que la cantidad de espacio requerido para instalar un transistor sobre un chip se reduciría aproximadamente a la mitad cada 18 meses. (Ver figura N° 7). La primera Ley de Moore nos da buenas noticias en la segunda ley de Moore las noticias son malas realmente la segunda ley es un corolario de la primera ley, nos dice que el costo de construcción de un chip seria mas costoso debido al uso de la tecnología de punta. (Ver figura n° 8) [31].

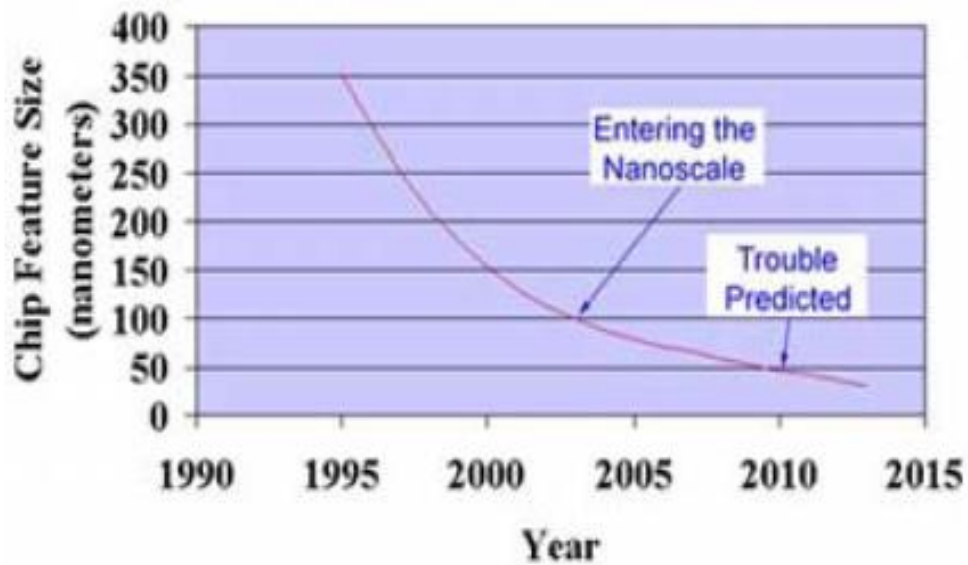


FIGURA N 7. La primera ley de Moore muestra el tamaño característico de los transistores sobre un chip además como estos consiguen rápidamente pequeño tamaño con el tiempo. [F4].

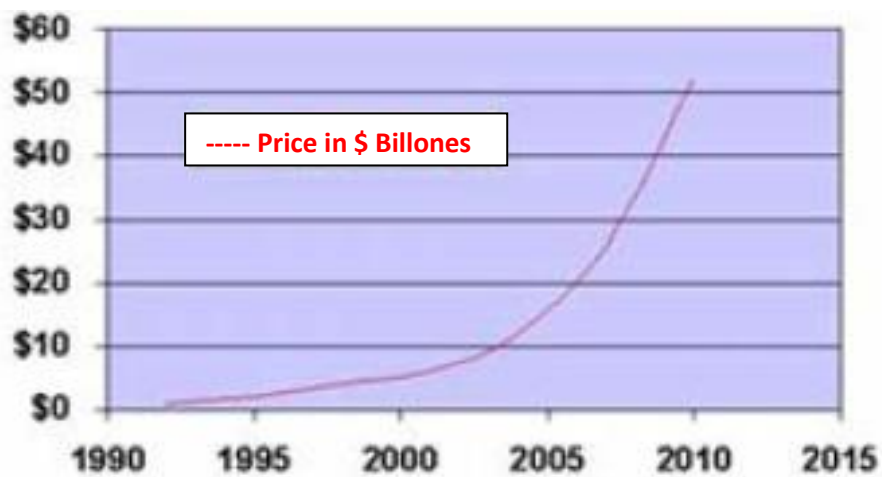


FIGURA N 8. La segunda ley de Moore muestra el costo de fabricación por tecnología de punta sería más elevado. [F4].

Capítulo 4

MÉTODOS GENERALES

Desde su surgimiento, la nanotecnología se caracterizó por desarrollarse a través de dos métodos generales tanto experimental como teóricamente. Estos métodos generales están caracterizados por la forma en que se producen, se caracterizan y se modelan los nanomateriales. Estos métodos generales se conocen hoy en día como **nanotecnología de arriba hacia abajo** y **nanotecnología de abajo hacia arriba**. Veamos a continuación una breve descripción de estos métodos.

4.1 Nanotecnología de arriba a abajo (top-down)

A través de este método es posible acercarse a la precisión necesaria gradualmente, sobre todo mediante refinamiento de diferentes tecnologías de fabricación. La capacidad de controlar la precisión de fabricación hasta estos

extremos está proporcionando muchos beneficios -a veces inesperados- que van más allá de la capacidad de producir un objeto con una forma muy bien definida. Los procedimientos técnicos más utilizados para proceder de arriba abajo son: Fotolitografía, litografía por haces de electrones, el mecanizado ultrapreciso, técnicas litográficas tales como:

Litografía: Es la impresión de un patrón de una superficie, existen varias técnicas como:

- **Dip – Pen Lithography.**- en esta técnica la punta de un microscopio de fuerza atómica puede ser usada como lápiz. La punta es revestida por un filme fino de moléculas, y a medida que la punta se mueve, las moléculas migran hacia la superficie que se requiere modificar formando un patrón nanoscópico en la misma.(ver figura 9 y 10)

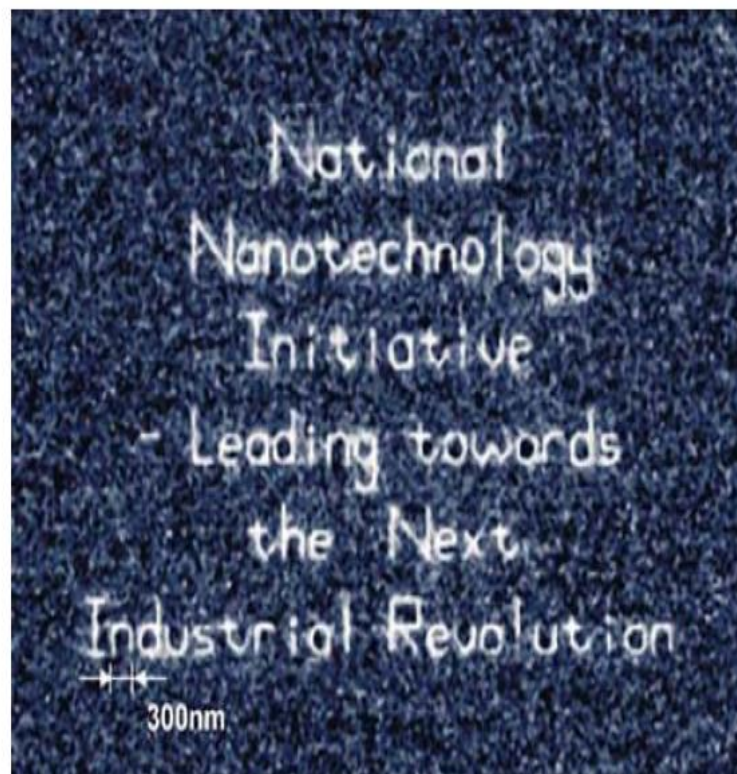


FIGURA N 9. Nos muestra una imagen de nanoestructura “la siguiente revolución industrial” a escala nanométrica. [F5].

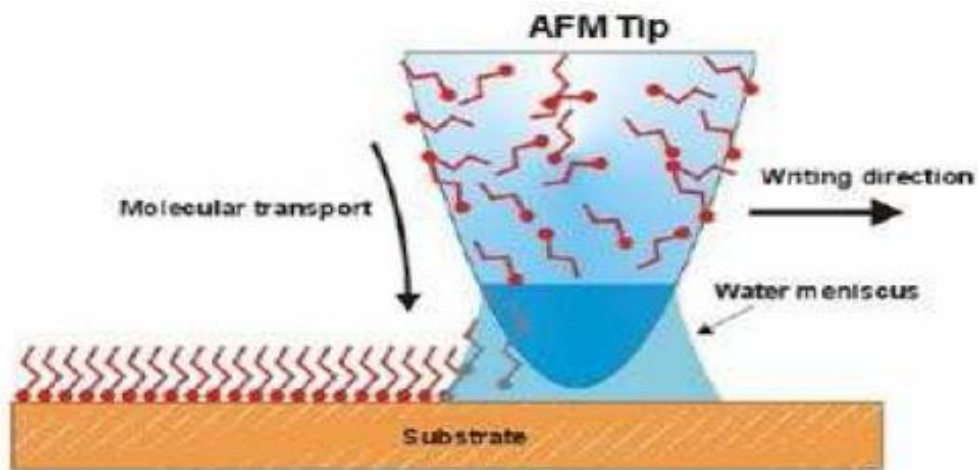


FIGURA N 10. Nos muestra el uso del microscopio de fuerza atómica en la técnica de litografía. [F6].

Un elemento a destacar en este proceder es la conocida *Ley de Moore*, propuesta por Gordon Moore en 1964 [32] y que predice (en un lenguaje popular) que el número de transistores que se podrían fabricar en un chip se duplicarían cada 18 meses. Haciendo uso del procedimiento nanotecnológico de arriba abajo la última tecnología en chips comerciales, como el Pentium de Intel, ha logrado una anchura de línea de unos 300 nm, con aproximadamente 1,5 millones de transistores en cada chip. Algunos dispositivos especializados, como los chips de memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM), que pueden almacenar hasta 64 millones de bits de información, tienen más de 64 millones de transistores. En los primeros años del siglo XXI, las anchuras de línea mínimas de los chips comerciales disminuirían hasta 100 o 200 nm en componentes como los chips de DRAM, que podría almacenar más de 1000 millones de bits.

Los métodos top-down son actualmente predominantes, y según algunos investigadores lo serán por bastante tiempo

4.2 Nanotecnología de abajo a arriba (bottom - up)

El concepto de construir un artefacto manipulando materia a escala nanométrica y ensamblando objetos átomo a átomo o molécula a molécula se planteó por primera vez en la ya citada conferencia de Feynman en 1959. A lo largo de los últimos 10 años este método general ha sido popularizado por Eric

Drexler, el director del Foresight Institute de Palo Alto, California. Drexler ha descrito estructuras moleculares de escala nanométrica movilizadas en gran número – miles de millones- como robots programables para montar cualquier cosa. De esta forma se han sugerido múltiples aplicaciones para estas “nanomáquinas”, que incluso podrían introducirse en el cuerpo humano para detectar y reparar daños en las células.

Una de las herramientas centrales de este método es el Microscopio de Fuerza Atómica (AFM) (ver figura 11) Este microscopio, en lugar de utilizar la diferencia de potencial, está en contacto directo con el material en estudio y detecta los efectos de las fuerzas atómicas, lo que permite observar y manipular también muestras no conductoras, como las biológicas, es por ello que este microscopio se emplea para obtener imágenes a escala atómica de variadas estructuras en cambio el microscopio de barrido (STM) (ver figura 13) solo se utiliza para sustancias conductoras, Sin embargo, esta tecnología también puede emplearse para recoger y reemplazar átomos en una superficie, o empujarlos de un lado a otro, aplicando impulsos eléctricos. Ejemplo de esto ha sido la obtención de los llamados fullerenos. Otra área de trabajo de esta tecnología de abajo a arriba es la fabricación de materiales en los que algunos componentes se estructuran deliberadamente para que estén en la zona nanométrica. Estos materiales se denominan materiales de nanofase. En este método existen diversas técnicas entre ellas mencionamos las siguientes:

1.- Montaje posicional.- átomos o moléculas son deliberadamente manipulados y posicionados uno a uno utilizando poderosos microscopios

- STM :microscopio de barrido (ver figura 13)
- AFM: microscopio de fuerza atómica (ver figura 11).

2.-Auto-ensamblado de moléculas por medios químicos-físicos.-bajo circunstancias específicas, los átomos y moléculas se montan por si mismos en el producto final estableciendo ligaciones químicas o por medio de interacciones físicas como por ej. Atracción electrostática, etc. [33]

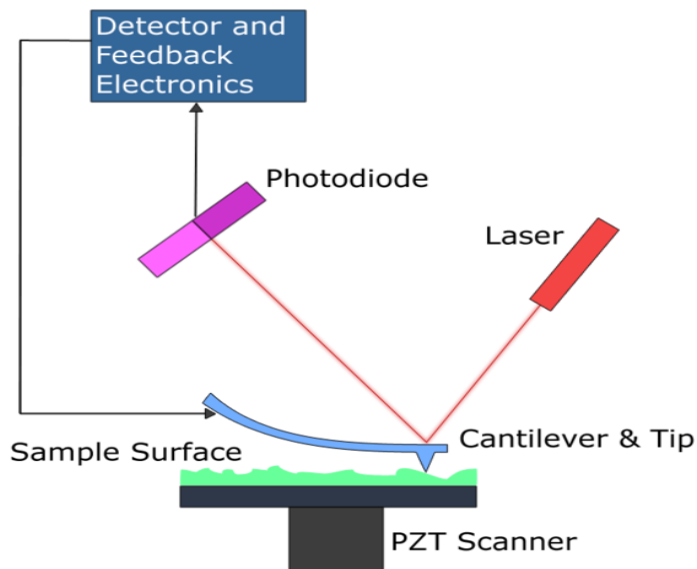


FIGURA N 11. Nos muestra el microscopio de fuerza atómica que se usa en el método Bottom - Up. [F7].

El Microscopio de fuerza atómica a diferencia que el microscopio de fuerza de barrido, la punta de la misma trabaja en contacto con la superficie (ver figura 12).

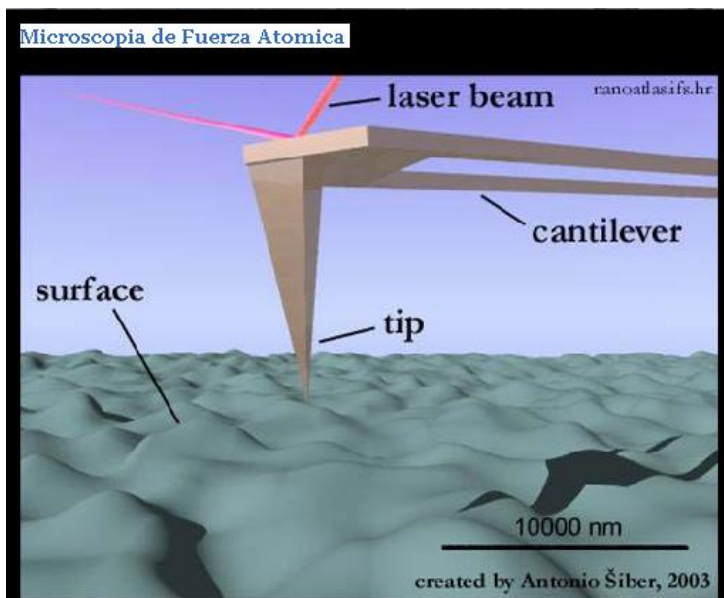


FIGURA N 12. Nos muestra la punta interactuando con los átomos de la superficie en estudio [F8].

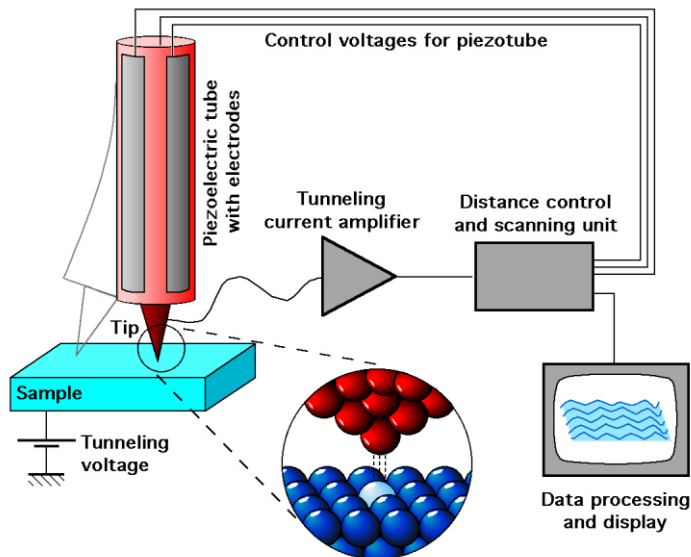


FIGURA N 13. Nos muestra el microscopio de barrido que se usa en el método Bottom - Up. [F9].

El campo de los materiales de nanofase se ha ampliado hasta incluir el estudio de las propiedades electrónicas y ópticas de los polvos ultrafinos. Se sabe que desde la época de los romanos se podían obtener vidrios con un profundo color rubí dispersando en él partículas ultrafinas de oro. Estas partículas pueden alcanzar un tamaño de hasta unos 100 nm. En la actualidad, científicos y tecnólogos estudian las propiedades ópticas de una amplia gama de materiales, especialmente semiconductores, en forma de polvos ultrafinos con fines bioinformáticos, de salud y en cosmetología.

En este método se busca la construcción o diseño de objetos más grandes y complejos por la integración de los más pequeños bloques de construcción. La nanotecnología busca usar átomos y moléculas como los bloques de construcción. Estas máquina estarían hechas con componentes moleculares, los engranajes se montarían a partir de componentes moleculares que girarían y se entrelazarían. Estas “nanomáquinas” podrían tener aplicaciones como introducirse al cuerpo humano para detectar y reparar daños en las células. [33].

La figura 14, nos muestra los dos métodos que usa la nanotecnología: de abajo a arriba (*Bottom up*) y de arriba abajo (*Top down*).

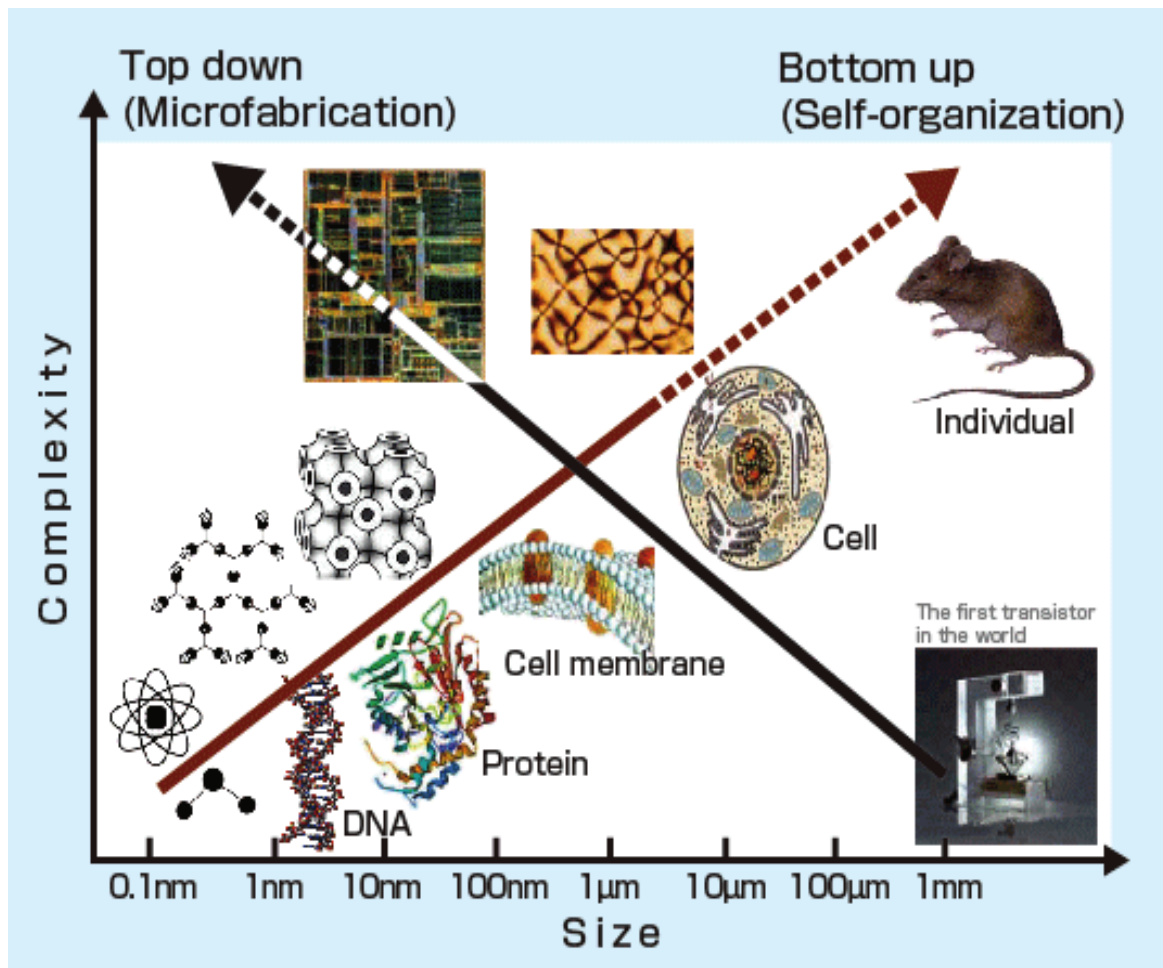


Figura N 14. Muestra los métodos usados por la nanotecnología. [4] .

Capitulo 5

APLICACIONES A LOS DIFERENTES CAMPOS

La importancia de la nanotecnología radica en que es muy versátil ya que se puede aplicar a diversas ciencias o industrias como la alimenticia, la automotriz, la textil, la electrónica, la deportiva, la medicina y hasta en el medio ambiente. Sin embargo, a pesar de que se avanza continuamente en el diseño de nuevos medicamentos y técnicas con capacidad de manipular la materia átomo por átomo, no existen fechas precisas para que todos estos adelantos sean una realidad en la vida cotidiana de millones de personas. No todos los resultados quedan en el laboratorio, ellos se aplican a las industrias y éstos a nosotros, la sociedad. A continuación se mencionarán algunos ejemplos como una muestra del amplio rango de aplicaciones que tendría la nanotecnología:

Electrónica

- Cables cuánticos (fabricados a partir de nanotubos de carbón) [34].
- Brújulas conectadas con satélites de posicionamiento global (GPS). [35]

Informática

- Chip de tamaño de un arroz (2 - 4 mm², de 512 KB) [36]
- Tecnologías visuales que permiten mejores pantallas, ligeras, finas y flexibles. [37]

Optoelectrónica

- Creación de una nueva generación de alta definición (HDTV) [38]

Materiales nuevos y avanzados

- Pegamentos inteligentes. [39]
- Compuestos micronizados (hacer vitaminas solubles al agua) [40]
- Nanocables de polímeros que miden sólo 100 nm. [41]
- Nanotubos de carbono. . [42] . .[43].

Medicina

- Tratamiento de enfermedades cardiovasculares, diabetes, cáncer, SIDA, en neurociencia. Además se sabe como combatir en sus inicios los brotes virales .[44]. .[45]. .[46]. .[47]. .[48]. .[49]. .[50]. [51].
- Administración de medicamentos nanoencapsulados. .[52].
- Vendas para quemaduras y heridas. [53]

- La primera nanovalvula. .[54].
- Cremas de protección solar con nanopartículas. [55]
- Adhesivos dental desarrollado con nanopartículas. [56]
- Medicina regenerativa. .[57]. .[58]. .[59]. .[60].
- Diagnostico precoz. .[61]. [62] [63] .

Tecnología Medio Ambiental

- Limpieza y recuperación de petróleo derramado en el agua. .[64].
- Protección de radiación UV para alimentos. [65]
- Plásticos basados en vegetales (biopolímeros) [66]
- Tratamiento de agua. [67]

Industria Alimenticia

- Nanopartículas para mejorar la calidad nutricional de alimentos. [68]
- Cápsulas comestibles para “mejorar” ciertos alimentos. [69]
- Biomarcadores (contaminación y descomposición de alimentos) [70]

Industria automotriz

- Pinturas y capas anticorrosivas. Y anti rasguños. [71]

Industria deportiva

- Bicicletas de carrera, pelotas y raquetas de tenis hechos con nanotubos. .[72].

- Aplicación de nanomateriales a patines para disminuir la fricción sobre el hielo. [73]

Industria textil

- Telas que combaten el frío, resistentes a las manchas. [74]
- Colchones anti-manchas. [75]

Exploración espacial (aún en teoría)

- El llevar al espacio robots del tamaño de la yema de los dedos. [76].
- Creación de trajes espaciales autorreparables y ascensores espaciales. [77]

Los entendidos en esta área señalan tres fases para la extensión de la nanotecnología. La primera, en la que nos encontramos actualmente que se caracteriza por aplicaciones de la nanotecnología por las industrias de punta desde un punto de vista técnico, la segunda fase sitúa estos productos en el ámbito industrial cuando los mercados electrónicos y informáticos estén preparados para incorporar procesadores construidos en base a nanotecnología y esto ya se está viendo como una realidad en esas áreas y la tercera fase donde la nanotecnología se extenderá a todos los bienes manufacturados, destacando las aplicaciones sanitarias para la salud humana, que luego se extenderá a todos los bienes de consumo.

- Diversos productos que usan tecnología nano están siendo vendidos en el mercado por ejemplo: [78]
 1. Calzado térmico (Aspen Aeogeles).
 2. Colchones que repelen sudor y polvo (Simmons Bedding Co.).
 3. Palos de golf (maruman & Co.)

4. Cosméticos personales (Bionova).
5. Vestidos para heridos y quemados (Westain Corporation).
6. Desinfectantes y limpiadores (EnviroSystems).
7. Adhesivo dentales (3M Espe).
8. Tratamiento a los vidrios (Nanofilm).
9. Crema contra el dolor muscular (SNBC).
10. Spray que repele agua y suciedad. (BASF).

Capítulo 6

NANOTECNOLOGIA EN EL PERÚ

Este capítulo está basado en un informe hecho por el Dr. Abel Gutarra, investigador y catedrático de la Universidad Nacional de Ingeniería, en el año 2008 [79]. La nanotecnología en el mundo ha comenzado a estudiarse con más fuerza desde más o menos 20 años atrás con entidades que están respaldando esta área y también buscando recursos para los múltiples proyectos que se vienen llevando a cabo en las diferentes áreas. Ello, sin embargo está muy lejos de lo que se viene realizando en nuestro país en esta área del conocimiento. Hay muchas razones para explicar el poco desarrollo de la nanociencia (y mucho menos de la nanotecnología) en nuestro país. Uno de los factores es la falta de apoyo del Estado y de las instituciones privadas para financiar las investigaciones. Ese apoyo se ha realizado de manera discreta y sin el decidido convencimiento de los beneficios que ello tendría para el Perú a mediano y, sobre todo, a largo plazo. Otro factor gravitante es la errada información que se usa para describir esta área mostrándola exageradamente buena (sobredimensionando sus beneficios), como solución a todos nuestros

problemas sociales. Mientras que otros críticos cuestionan los beneficios, mostrándolos como muy limitados (e incluso inalcanzables para nuestro país) y advirtiendo en forma alarmante sobre los riesgos de desarrollar esta área. Ninguno de estos extremos provee información seria y coherente, sin embargo, quienes estarían en la capacidad de dar una información adecuada sobre lo que se ha desarrollado en nanociencia en el país, sobre lo que se puede esperar, sobre los recursos que se cuentan y, sobre todo, sobre lo que más se necesita para desarrollar esta área son los propios investigadores de esta área. Al respecto cabe señalar que en nuestro país hay poca cantidad de investigadores en nanotecnología, la cifra para el año 2008 se ha estimado alrededor de 25. Aunque en los últimos congresos científicos ya se está incrementando trabajos sobre este tema lo cual nos estaría indicando que el número de los investigadores también estarían en aumento.

En Perú la nanotecnología podría tener éxito temprano en su aplicación para realizar tratamiento de aguas, lo cual es muy importante sobre todo teniendo en cuenta los desechos mineros que existen en todo el país. El físico-médico César Picón, especialista en radioterapia, indica que en el Perú aún no se aplica la nanotecnología al diagnóstico y tratamiento contra el cáncer. Él manifestó que esta tecnología podría llegar en unos cinco años al país y las medicinas que contienen estas nanopartículas capaces de detectar y aniquilar los tumores y tejidos cancerosos tendrían un costo introductorio elevado en el mercado farmacéutico peruano. Añadió que en un futuro se dejarán de hacer biopsias, pues las nanopartículas podrán viajar a través del cuerpo y llegar a lugares que comúnmente los doctores a través de instrumentos convencionales no pueden alcanzar. *"Este procedimiento es más selectivo y efectivo. La idea es destruir el tumor, no a las personas"*, y añadió que *"para que esta tecnología sea aplicada es necesario contar con una infraestructura adecuada que garantice su correcta aplicación"* [80]. Existen trabajos en simulación de computadoras para el diseño de nanoestructuras, fabricación de nanomateriales entre otros. Pero todavía no hay cursos básicos sobre el tema en la currícula de pre-grado y sólo existe seminarios y pequeños grupos que trabajan en nanotecnología. Algunas instituciones ya empezaron a unirse y fomentar la nanotecnología con seminarios, becas, recursos, pero todo ello es

todavía es muy poco para llegar a tener un desarrollo sostenido de esta área de investigación y que pueda así asegurar tener resultados prometedores para el país. A continuación se indican algunas instituciones que de una u otra manera han tenido que ver con la nanociencia.

6.1 INSTITUCIONES E INVESTIGADORES QUE PROMUEVEN LA NANOTECNOLOGÍA EN EL PERÚ.

6.1.1.-CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (CONCYTEC)

El CONCYTEC tiene programas de estímulo individual para investigadores destacados y convoca a concurso de proyectos financiados. El año 2006 diseñó el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2006-2021, donde se establece el Programa de Materiales, y dentro de él, se priorizó el tema de nanotecnología. La actual administración considera el gran valor estratégico que tiene la formación de investigadores y el reforzamiento de los grupos que trabajan en nanotecnologías por lo cual está buscando mecanismos que prioricen la inversión de los fondos regulares y la gestión de nuevos fondos.

6.1.2.-ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (ANCYT)

La ANCYT tiene como una de sus actividades más importantes la realización del Foro Anual, en el que se exponen los temas científicos o técnicos más relevantes. En marzo de 2005 organizó un Seminario sobre Nanotecnología con la participación de investigadores nacionales que expusieron sus avances. El 25 y 26 de Enero de 2006 realizó su Foro Anual con el tema, "Nanotecnología: Desarrollo y Perspectivas de los Biosensores y Nanomateriales en el País".

6.1.3.-SOCIEDAD PERUANA DE FÍSICA (SOPERFI)

Uno de los eventos más representativos de la SOPERFI son los Simposios Nacionales, en los que los físicos nacionales e invitados internacionales exponen su producción como investigadores así como los avances más notables en estas ciencias a nivel mundial. Por ejemplo, en el XV Simposio Peruano de Física realizado en Piura se presentaron nueve exposiciones sobre nanotecnología. La mayoría de ellos referidos a nanomateriales.

6.1.4.-SOCIEDAD QUÍMICA DEL PERÚ (SQP)

La Sociedad Química del Perú agrupa a todos los profesionales relacionados a la química: Químicos, Ingenieros Químicos, Químicos Farmacéuticos, Biólogos, Bioquímicos, Médicos, entre otros Profesionales. En octubre del año 2008 se realizó en el Cuzco un Congreso Iberoamericano con el tema principal de “Química y Sociedad”.

6.1.4.-SOCIEDAD PERUANA DE MATERIALES (SOPERMAT)

Recientemente creada. Agrupa a nivel nacional a los investigadores dedicados a la Ciencia de Materiales. Su actividad más importante es la realización de los Congresos Nacionales de Ciencia y Tecnología de Materiales que se realizan cada dos años. En su estructura organizativa, consideran un Comité Técnico en Nanotecnología.

6.1.5.-INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES NEOPLÁSICAS (INEN)

El Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas realiza actividades de investigación y docencia.. El INEN forma parte de un Programa de Maestría en Física Médica con la Universidad Nacional de Ingeniería.

6.2 UNIVERSIDADES Y GRUPOS

La nanotecnología, como disciplina se inicia por las instituciones tecnológicas con capacidad de investigación. Ellos han comenzado a incorporar proyectos de investigación en nanotecnología donde la medicina es una que ha tenido mejor acogida tanto por tener implicancia directa en la salud como por el financiamiento para fomentar estas investigaciones. A continuación se nombran algunas universidades y su eje de fomento a la investigación dentro de la cual se fomenta la nanociencia.

6.2.1.-PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ (PUCP)

En la PUCP, la **Dirección Académica de Investigación (DAI)** se encarga de incentivar, financiar, coordinar y difundir los trabajos de investigación de la universidad. Financia las investigaciones a través de diversas modalidades: Concurso Anual, Proyectos Especiales, Proyectos Cofinanciados y Apoyo a la Iniciación en Investigación. Propicia la definición de líneas de investigación las cuales son evaluadas permanentemente con la finalidad de que puedan mantener la categoría de líneas institucionales. Se estima que la PUCP cuenta con 2 laboratorios y 3 investigadores relacionados con Nanotecnología.

6.2.2.-UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA (UPCH)

En la UPCH, el **Vicerrectorado de Investigación (VI)** propone la política general de investigación de la universidad. Promueve la realización de proyectos a través de la asignación de fondos provenientes de la propia universidad y gestiona la obtención de fondos de cooperación. Estimula la investigación con una variedad de fondos concursables, becas y premios en líneas específicas y establece la categoría de profesor investigador. Se estima que tiene 1 laboratorio y 1 investigador relacionado con nanotecnología.

6.2.3.-UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)

En la UNI el **Instituto General de Investigación (IGI)** es la unidad central de ejecución y coordinación del trabajo científico y de la investigación multidisciplinaria. El IGI brinda financiamiento a los proyectos de investigación que son propuestos y seleccionados por concurso en los Institutos de Investigación de cada Facultad. El IGI establece líneas prioritarias de investigación de la universidad y las promueve con asignaciones de fondos preferenciales. Se estima que la UNI cuenta con 6 laboratorios y 10 investigadores que trabajan en nanotecnología.

6.2.4.-UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS (UNMSM)

En la UNMSM el **Consejo Superior de Investigaciones (CSI)** que pertenece al Vicerrectorado de Investigación es el órgano encargado de promover, motivar y financiar las iniciativas de investigación en los institutos, centros y unidades de investigación. Sus funciones abarcan desde la planificación de las políticas generales hasta el financiamiento de proyectos concursables y el apoyo directo para incentivar a los investigadores. Además promueve proyectos multidisciplinarios de investigación. Dentro de sus líneas prioritarias de investigación se indica a la nanociencia. Se estima que la UNMSM cuenta con 2 laboratorios de investigación y 6 investigadores en nanotecnología, principalmente concentrados en laboratorios pertenecientes a los institutos de Física y Química e Ingeniería Química. El número de proyectos en nanotecnología aprobados en física y química ha sido muy poco pero se viene incrementándose, antes del año 2004 no se tenía ningún proyecto aprobado sobre nanotecnología (ver cuadro n° 2) esto ha comenzado a incrementarse de una manera lenta y el objetivo de esta monografía es que comience dar mayor importancia a la nanociencia en nuestra universidad.

Cuadro n° 2. Muestra el número de proyectos en nanotecnología en física y química en los últimos años.

	FISICA	QUIMICA	TOTAL POR AÑO
AÑO 2003	0	0	0
AÑO 2004	1	0	1
AÑO 2005	2	0	2
AÑO 2006	2	0	2
AÑO 2007	2	0	2
AÑO 2008	2	0	2
AÑO 2009	3	1	4

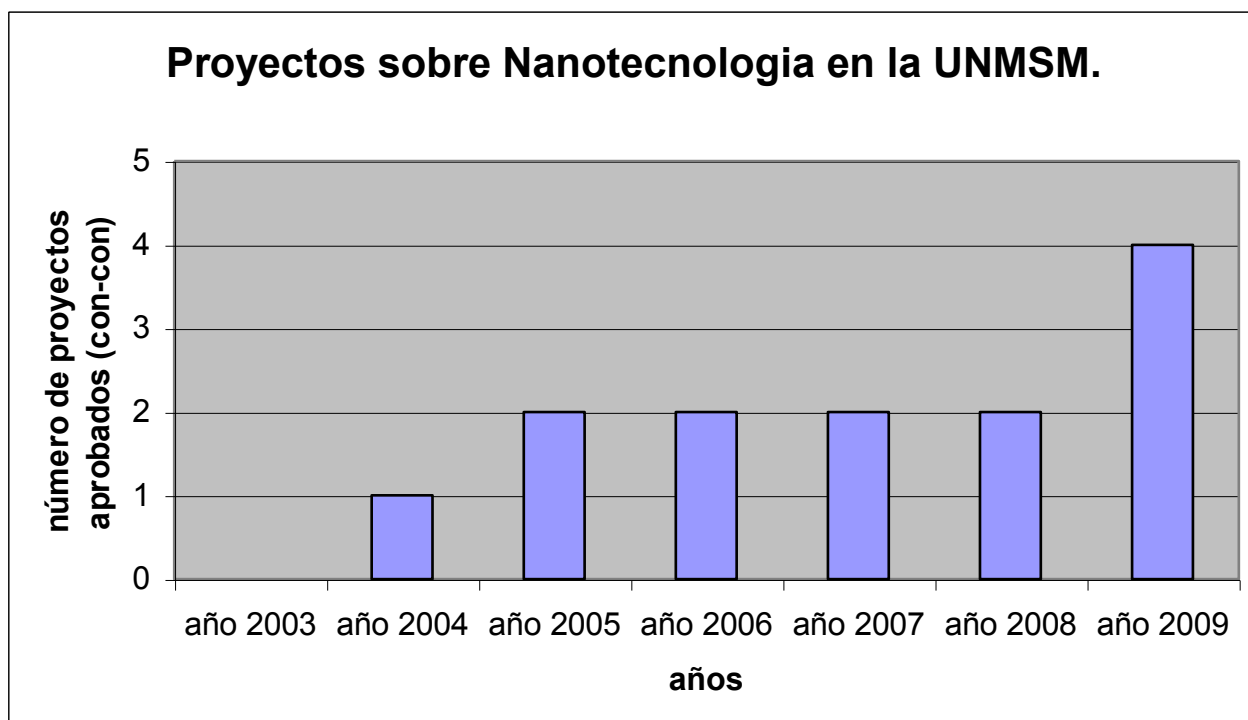


Figura N° 15.- Proyectos de investigación financiados por la UNMSM, a través del Proyecto Con-con (Con incentivo al investigador y con incentivo a la investigación) referente a Nanociencia en diferentes años.

6.2.5.-INSTITUTO PERUANO DE ENERGÍA NUCLEAR (IPEN)

En el IPEN la **Dirección de Investigación y Desarrollo (DID)** es el encargado de incentivar promover la investigación. Se estima que el IPEN cuenta con 1 laboratorio y 2 investigadores que trabaja en nanotecnología.

6.2.6.-UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO (UNT)

En la UNT la **Oficina General de Promoción y Desarrollo de la Investigación (OGPRODEIN)** es el órgano de apoyo del Vicerrectorado Académico. Fomenta, promociona, gestiona, coordina, apoya y difunde las actividades de investigación que ejecutan sus docentes en la UNT. Se estima que la UNT cuenta con 2 laboratorios y 3 investigadores que se encuentran trabajando en nanotecnología.

A continuación se presenta un cuadro (ver Cuadro Nro. 3) donde se resume lo indicado líneas arriba. Para una mejor apreciación también se muestran dos gráficas por sectores (ver figura 16 y17) donde se indican tanto el número de laboratorios así como el número de investigadores dedicados a la nanociencia en el Perú. Se puede notar en este cuadro que aunque se viene realizando investigaciones en nanociencia en el Perú esta se desarrolla principalmente por la iniciativa de los propios investigadores sin el apoyo decidido del Estado fomentando la investigación en esta área con apropiado apoyo financiero.

Cuadro N° 3: Muestra los Grupos de investigación y el numero de investigadores de nanotecnología en Perú. Estado de situación de la nanotecnología en el Perú, Dr. Abel Gutarra Espinoza. UNI [79].

UNIVERSIDADES INSTITUTOS	LABORATORIOS QUE TRABAJAN CON NANOTECNOLOGIA	NUMERO DE INVESTIGADORES (DOCTOR + MAGISTER)
PUCP	2	3
UPCH	1	1
UNI	6	10
UNMSM	2	6
UNT	2	3
IPEN	1	2

PORCENTAJE DE LABORATORIOS QUE TRABAJAN EN NANOTECNOLOGIA

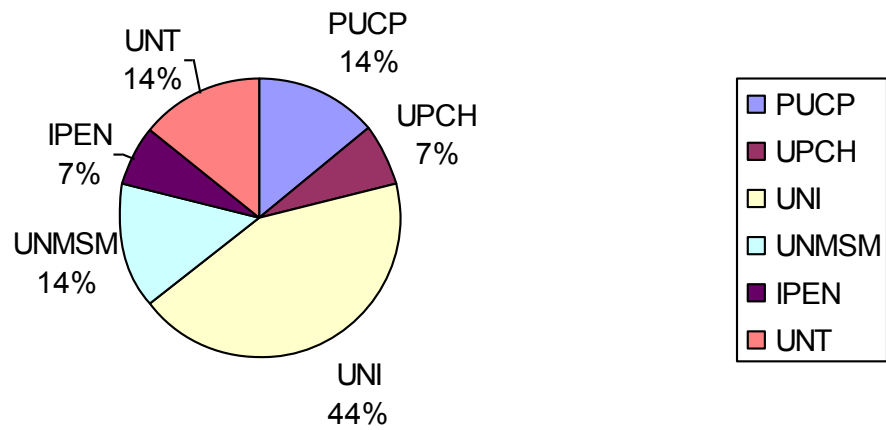


Figura N 16 Gráfica por sectores de los laboratorios de investigación dedicados a la nanociencia en el Perú.

PORCENTAJE DE INVESTIGADORES EN NANOTECNOLOGIA EN EL PERU

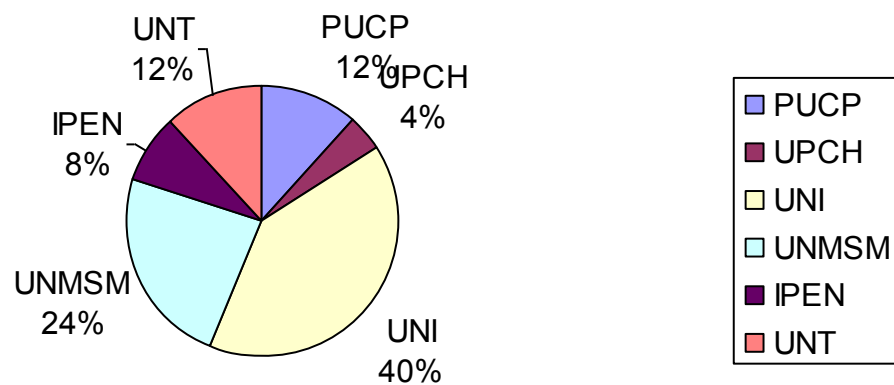


Figura N 17 Gráfica por sectores del porcentaje de investigadores dedicados a la nanociencia en el Perú.

6.3.-CAPACIDADES LOCALES

Se identificaron cinco universidades y un instituto cuyas actividades de investigación y desarrollo (I y D) están vinculadas a investigaciones en nanotecnología. Los grupos considerados están formalmente reconocidos en sus respectivas instituciones, cuentan con infraestructura propia, equipamiento necesario y con un Jefe responsable. En total se cuentan catorce unidades de investigación en nanotecnología y veinticinco investigadores. Se tienen tres grupos que trabajan en técnicas computacionales para simulación y cálculo: Unidad de Bioinformática (UPCH), Dirección de Investigación y Desarrollo (IPEN) y Grupo de Modelado y Simulación Multiescala (UNI).

Se ha considerado a los integrantes con grado de doctor o maestría de cada grupo que trabaja en nanotecnología, encontramos que se cuenta aproximadamente con 25. Este número ha aumentado y se ha visto reflejado en los últimos trabajos presentados por científicos peruanos en la Conferencia Internacional de Materiales Nanoestructurados (NANO 2008) que fue llevada a cabo en Río de Janeiro y que congrega a investigadores de todo el mundo mostrando los resultados de sus investigaciones en el área de la nanociencia. De la Universidad San Marcos se llevaron cuatro trabajos en esa temática.

En la Pontificia Universidad Católica del Perú se cuenta con una tesis en Licenciatura en la Facultad de Ciencias e Ingeniería, con mención en Química del año 2009 y una tesis en Maestría del año 2004 con mención en Física (ver apéndice). En la Universidad Nacional de Ingeniería, en la Facultad de Ingeniería Mecánica se encuentra una tesis de Licenciatura con mención en Ingeniería Mecatrónica del año 2007 y en la Facultad de Ciencias se encuentran dos tesis de Licenciatura uno del 2001 y el otro del 2009 (Ver apéndice). En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos se encuentra tres tesis de Licenciatura de los años 2005, 2006 y 2009 en la Facultad de Física y dos tesis de Maestría del año 2005 y 2009 también en la Facultad de Física (ver apéndice).

En ese sentido el Dr. Abel Gutarra, catedrático de la Universidad Nacional de Ingeniería afirma que *"Las investigaciones peruanas en este campo son reconocidas internacionalmente y los avances realizados por físicos y químicos en nuestras principales universidades nos permiten pronosticar adelantos importantes en los próximos años. Sin embargo, es necesario anotar que sin el apoyo del Estado y las empresas privadas para financiar las investigaciones, el camino será difícil [81].*

6.4 POSIBLES FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Las fuentes de financiamiento para un proyecto relacionado con nanotecnología sólo es más probable obtenerlo por la CONCYTEC que tiene el proyecto de Investigación de Ciencia y Tecnología (PROCYT) [82]. y de las propias universidades, dependiendo de la asignación económica de la universidad para su ejecución y del incentivo económico otorgado a los investigadores por ejemplo en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos tiene tres categorías con asignación a investigación y con incentivo al investigador esta categoría conocida como con-con da ayuda económica al investigador, sin asignación a la investigación y con incentivo al investigador conocida como sin-con y la ultima es sin asignación a la investigación y sin incentivo al investigador conocido como sin-sin. [83] También contamos con el Fondo de Innovación de Ciencia y Tecnología (FINCYT) que tiene el proyecto PIBAC que contribuye el conocimiento científico y tecnológico y realiza cofinanciamiento de proyectos de investigación básica y aplicada [84].pero también se necesita que el Estado reconozca la importancia de apoyar decididamente en esta área de conocimiento ya que no sólo aumentará el conocimiento científico local sino que se logrará tener alternativas de solución a problemas sociales importantes como la contaminación de aguas, por ejemplo.

Capítulo 7

CONCLUSIONES

La calidad de las investigaciones desarrolladas por los científicos, la cual se ha mostrado de tener una calidad comparable a los estándares internacionales al reconocerse al ser presentados en congresos mundiales, requiere definitivamente de un mayor impulso financiero que garantice el futuro de proyectos de investigaciones importantes, pero sobre todo un cambio sostenido que lleve a una cultura científica real. Ello permitirá a la población reconocer el potencial de este nuevo campo científico que no sólo puede dar solución a problemas locales de la sociedad sino que puede también cambiar el futuro de la humanidad.

El principal reto será incorporar la nanotecnología como un nuevo campo multidisciplinario vinculado estrechamente a la sociedad, tanto por sus aplicaciones como por su potencialidad para resolver los problemas más urgentes, como el acceso a recursos energéticos, agua o alimentos. Después de haber abordado el tema de Nanotecnología podemos obtener ciertas ideas:

- La nanotecnología va a modificar radicalmente todo el sistema de producción vigente una vez que la producción industrial de nano productos y nanocomponentes alcancen un volumen masivo.
- Dado el carácter globalizado de la economía los impactos se sentirán en todo el mundo de manera prácticamente simultánea.
- Los beneficios se apreciarán en los productos que día a día se ofrecen en el mercado.
- Tendrá un efecto sobre las energías, permitiendo potenciar el transporte y mejorar el almacenamiento de la energía solar.
- Se utilizará en la purificación del agua, solucionando así el problema mundial del agua.

En resumen, no es sorprendente que la Nanotecnología pueda ser considerada como la Tecnología fundamental del siglo XXI que provocará sin duda, sino ha provocado ya, una nueva revolución en los campos del pensamiento, de la economía y de la sociedad a tal punto que se requerirá de todo el esfuerzo de científicos, tecnólogos, políticos, economistas, profesores y maestros para conducir de forma armónica y consecuente los logros de una nueva tecnología que nos podrá brindar una mejor calidad de vida si se sabe utilizar adecuadamente.

APÉNDICE

TESIS SOBRE NANOCIENCIA DESARROLLADAS EN EL PERU.

A continuación se presenta un listado de una búsqueda preliminar de tesis. Tanto de Licenciatura como de Maestría, sobre nanociencia en las universidades:

Pontificia Universidad Católica del Perú.

Universidad Nacional de Ingeniería

Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- 1 “Síntesis de nanoesferas de carbono y suplicación como adsorbente de fenol y nitrofenoles”.

Autor: Lazo Cannato, José Carlos.

Año: 2009

Biblioteca de Ciencias Facultad de Ciencias e Ingeniería

Mención: Química

Tesis de Licenciatura

Pontificia Universidad Católica del Perú.

Fuente:

http://caliope.pucp.edu.pe/uhtbin/cgisirsi/T8MiYOCLXG/CENTRAL/52430020/60/271/X/POWER_SEARCH

- 2 “Modelo de Hubbard en Magnetismo con aplicaciones en Nanodispositivos Atómicos
Autor: Vasallo Bigneti, Ettore Cire”.
Año: 2004.
Biblioteca de Ciencias Facultad de Ciencias.
Mención: Física
Tesis de Maestría
Pontificia Universidad Católica del Perú.
Fuente:
http://caliope.pucp.edu.pe/uhtbin/cgisirsi/T8MiYOCLXG/CENTRAL/52430020/60/271/X/POWER_SEARCH
- 3 “Obtención de nanopartículas de Silice por el método Sol –gel .
Autor: Morales Mendoza, Noé Javier”.
Año: 2009.
Biblioteca de Ciencias.
Mención: Física
Tesis de Licenciatura.
Universidad Nacional de Ingeniería.
Fuente: Biblioteca de Ciencias.
- 4 “Síntesis de Sol-gel de nano partículas de Dióxido de Titanio: Caracterización y aplicaciones “.
Autor: Torres Requena Flor Aida.
Año: 2001.
Biblioteca de Ciencias
Mención: Física
Tesis de Licenciatura.
Universidad Nacional de Ingeniería.
Fuente: Biblioteca de Ciencias.
- 5 “Tecnología de Transistores moleculares, incidencia en la Ingeniería Meca trónica “.
Autor: Agapito Tito, Luis Alberto.
Año: 2007.
Biblioteca Central
Mención: Ingeniería Mecatrónica.
Tesis de Licenciatura.
Universidad Nacional de Ingeniería.
Fuente: Biblioteca Central.
- 6 “Implementación del método de recursión para el estudio de la densidad de estados electrónicos de sistemas complejos”.
Autor: Torres Vega, Juan José.
Año: 2009.
Biblioteca de Ciencias
Mención: Física
Tesis de Licenciatura.
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Fuente: Biblioteca de Ciencias.

- 7 “Estudio y caracterización de aleaciones amorfas y nanoestructurados en el sistema $\text{Fe}_{75}\text{Si}_{15}\text{B}_{10}$ inducidas por mecano – síntesis”.
Autor: Quispe Marcatoma, Justiniano.
Año: 2005.
Biblioteca de Ciencias
Mención: Física
Tesis de Maestría.
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Fuente: Biblioteca de Ciencias.
- 8 “Estudio de la estructura y energías de los nanoclusters de Au_n ($n=4-16$) mediante el método de dinámica molecular”.
Autor: Barturen Huamán Luisa Dominga Karina.
Año: 2005.
Biblioteca de Ciencias
Mención: Física
Tesis de licenciatura.
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Fuente: Biblioteca de Ciencias.
- 9 “Simulación Montecarlo de la Transición orden – desorden y la formación de agregados atómicos en las Aleaciones modelos tridimensionales”.
Autor: Manrique Castillo, Erich Víctor.
Año: 2006.
Biblioteca de Ciencias
Mención: Física
Tesis de licenciatura.
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Fuente: Biblioteca de Ciencias.
- 10 “Estudio de la Micro estructura, estructura local y orden de corto alcance en polvos nanoestructurados ($\text{Fe}_x\text{Co}_{1-x}$) $_{75}\text{Si}_{15}\text{B}_{10}$ obtenidas por mecano – síntesis”.
Autor: Chachi Rojas Ayala.
Año: 2009.
Biblioteca de Ciencias
Mención: Física
Tesis de Maestría.
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Fuente: Biblioteca de Ciencias.

REFERENCIAS

- 1.- <http://es.wikipedia.org/wiki/nanómetro>.
- 2.- <http://www.nano.gov/html/res/200711NanotechnologyBigThingsfromaTinyWorld.htm>
- 3.- <http://www.nano.gov/html/res/200711NanotechnologyBigThingsfromaTinyWorld.htm>
- 4.- .- Eduard L. Wolf, Nanophysics and Nanotechnology, (An introduction to modern concepts in Nanoscience) Cap. 2
- 5.- <http://es.wiktionary.org/wiki/tenolog%c3%>.
- 6.- <http://es.wiktionary.org/wiki/ciencia>.
- 7.- <http://es.wikipedia.org/wiki/nanociencia>.
- 8.- NANOTECHNOLOGY RESEARCH DIRECTIONS: IWGN Workshop report Vision for Nanotechnology R&D in the Next Decade.IWGN Workshop. Enero 27-29, 1999.USA.
- 9.- R. Feynman, “ There is the plenty of room at the bottom”, in Miniaturizacion, edited by H.D.Gilbert (Reinhold, New York, 1961)
- 10.- www.ambienteplastico.com/artman/publish/article_279.php
- 11.- M. WELLAND. Nanotechnology, V.13,Numero 1 (2001). Editorial.
- 12.- R. Kursezweil.the Age of spiritual machines, (penguin Books, New Cork, 1999), pag 140
- 13.- K.E. Drexler, Engines of creation, (Anchor Books, New Cork, 1986) pag 49
- 14.- <http://es.wikipedia.org/wiki/nanotecnologia>.
- 15.- <http://www.portalciencia.net/nanotecno/>
- 16.- <http://revista.univa.mx/n52/Art.%20S%C3%A1nchez.html>
- 17.- http://es.wikipedia.org/wiki/Gerd_Binnig

- 18.- http://es.wikipedia.org/wiki/Heinrich_Rohrer
- 19.- <http://personales.mundivia.es/mggalvez/ruska.htm>
- 20.- <http://cnst.rice.edu/>
- 21.- www.sustainlabour.org/dmdocuments/ESP157-2007.pdf
- 22.- <http://nanotecnologia-nanotubes.blogspot.com/>
- 23.- http://es.wikipedia.org/wiki/Sumio_Iijima
- 24.- M.C.ROCCO, National Nanotechnology Investment in the FY2003 Budget Request by the President. <http://nano.gov>
- 25.- http://es.wikipedia.org/wiki/K._Eric_Drexler
- 26.- SOCIETAL IMPLICATIONS OF NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY.NSET Workshop Report. Edited by M.C. Rocco and William Sims Bainbridge, National Science Foundation (USA). March 2001. Arlington, Virginia.
- 27.- <http://e-drexler.com/p/04/04/0404drexlerBio.html>
- 28.- www.fan.org.ar/documentos/nanotec_el%20futuro.pdf
- 29.- www.rinoceros/spip.php?article5064
- 30.- www.matematicas.profes.net/archivo2.asp?id_contenido=38179
- 31.- "Book : Nanorechnology: A Gentle Introducción to the Next Big Idea. By Mark Ratner and Daniel Rtaner. Pag.20., 40-52
- 32.- http://es.wikipedia.org/wiki/Gordon_E._Moore
- 33.- revista. CIENCIA ergo sum, vol.12-3, noviembre 2005-febrero 2006.
- 34.- <http://www.euroresidentes.com/Blogs/nanotecnologia/2005/04/cables-cunicos.html>
- 35.- <http://axxon.com.ar/not/151/c-1510061.htm>
- 36.- <http://www.euroresidentes.com/Blogs/nanotecnologia/2006/07/chip-de-memoria-inalmbrico.html>

- 37.- <http://www.slideshare.net/isatjm/la-nanotecnologa-1518072>
- 38.- www.euroresidentes.com/Blogs/nanotecnologia/2005_05_01_archive.html
- 39.- www.revista-nanociencia.ece.buap.mx/5nr2/6Zehe%20Fuerza%20economica.pdf
- 40.- <http://nanobuap2.info/nanoaplicaciones.html>
- 41.- www.portalciencia.net/nanotecno/nanoneuro.html
- 42.- www.nanotecnologica.com/conociendo-un-poco-sobre-los-nanotubos-de-carbono/ - 39k -.
- 43.- www.nasatech.com/NEWS/Oct02/who_1002.htm - 19k.
- 44.- http://en.wikipedia.org/wiki/Hongjie_Dai
- 45.- www.ruyman.eu/Cancer.htm
- 46.- www.cienciaysociedad.info/nano/tag/medicina/.
- 47.- www.portalciencia.net/nanotecno/nanocancer.html
- 48.- www.euroresidentes.com/Blogs/nanotecnologia/2005_10_01_archive.html
- 49.- K. E. Drexler, op.cit., pag 268
- 50.- www.nanomedicinecenter.com/article/dr-tejal-desai-nanomedicine-in-10-minutes/ - 26k
- 51.- http://en.wikipedia.org/wiki/Robert_Freitas
- 52.- www.galegos.info/es/maria-jose-alonso-fernandez
- 53.- www.euroresidentes.com/Blogs/nanotecnologia/2005/01/los-mejores-productos-de-nanotecnologa.html
- 54.- www.universia.edu.pe/noticias/principales/destacada.php?id=46934 - 39k
- 55.- www.slideshare.net/depbiogeo.rmollap/1-baca-g3-nanotecnologia
- 56.- www.inin.mx/publicaciones/documentospdf/39%20NANOPARTICULAS.pdf -
- 57.- www.proz.com/kudoz/english_to_spanish/medical.../1709078-scaffold_guided_regenerative_medicine_sgrm.h... - 50k)

- 58.- K.E. Drexler .,op. cit., pag 268
- 59.- <http://udbtech2.blogspot.com/>
- 60.- www.nanomedicinecenter.com/article/dr-tejal-desai-nanomedicine-in-10-minutes/ - 26k
- 61.- <http://foro.larveando.com.ar/viewtopic.php?f=11&t=1598>
- 62.- www.taringa.net/posts/info/1150594/Nanotecnologia---parte-1.html - 68k
- 63.- www.nanotecnologica.com/respirocito-y-microbivoros-sorprendentes-nanorobots/
- 64.- www.inifta.unlp.edu.ar/investig/nano.htm - 30k
- 65.- www.noticias.com/opinion/nanotecnologia-3ce.html
- 66.- www.euroresidentes.com/Blogs/noticias-nano/archives/2007_11_01_archive.html
- 67.- www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia_responsable/nanotecnologia_beneficios_agua.htm
- 68.- www.sociedadesgastronomicas.com/articulo.php?id=137
- 69.- <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20081001114655AA2PXYT>
- 70.- <http://nanobuap2.info/nanoaplicaciones.html>
- 71.- www.revista-nanociencia.ece.buap.mx/5nr2/6Zehe%20Fuerza%20economica.pdf
- 72.- <http://www.euroresidentes.com/Blogs/nanotecnologia/2005/08/n...> - 18k
- 73.- www.cienciaysociedad.info/nano/page/5/
- 74.- www.euroresidentes.com/Blogs/nanotecnologia/2006_02_01_archive.html
- 75.- <http://globalizacionspain.blogspot.com/2007/05/nanotecnologa-nuevos-avances.html>
- 76.- www.laondadigital.com/LaOnda/LaOnda/301-400/377/A1.htm - 32k
- 77.- www.portalciencia.net/nanotecno/nanonasa1.html
- 78.- Ciencia ergo sum volumen 12. del 03 de nov 2005

79.-http://www.nanotecnologia.com.pe/n_info_05.html

80.- <http://www.elcomercio.com.pe/edicionimpresa/Html/2008-04-23/solo-25-investigadores-aplican-nanotecnologia.html>

81.-Diario la republica , Miércoles, 17 d e Junio 2009

http://www.nanotecnologia.com.pe/n_info_05.html

82.- <http://portal.concytec.gob.pe/index.php/fondecyt/proyectos/procyt/convocatorias-2009.html>

83.- <http://vrinvestigacion.unmsm.edu.pe/>

84.- <http://www.fincyt.gob.pe/index2/>

REFERENCIAS DE FIGURAS

1. *Figura 1.*-
www.casabertoltbrecht.org.uy/joomla/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=68 –
2. *Figura 3* .-www.astrocosmo.cl/biografi/b-r-p_feynman.htm - 14k
3. *Figura 4* .- blog.batiburrillo.net/.../02/eric_drexler.jpg.
4. *Figura 5.*- Book : Nanorechnology: A Gentle Introducción to the Next Big Idea. By Mark Ratner and Daniel Rtaner. Pag.18.
5. *Figura 7 y 8* .- “Book : Nanorechnology: A Gentle Introducción to the Next Big Idea. By Mark Ratner and Daniel Rtaner. Pag.20.
6. *Figura 9.*- “Book : Nanorechnology: A Gentle Introducción to the Next Big Idea. By Mark Ratner and Daniel Rtaner. Pag.9.
7. *Figura 10* .- “Book : Nanorechnology: A Gentle Introducción to the Next Big Idea. By Mark Ratner and Daniel Rtaner. Pag.42.
8. *Figura 11* http://es.wikipedia.org/wiki/Microscopio_de_fuerza_at%C3%B3mica
9. *Figura 12.*-
http://images.google.com.pe/imgres?imgurl=http://artsci.ucla.edu/BlueMorph/images/3.jpg&imgrefurl=http://artsci.ucla.edu/BlueMorph/spanish_research3.html&usq=__HTwqWHfCj5fSgFlskGv3mOv_cc=&h=385&w=512&sz=47&hl=es&start=22&tbnid=TGqzDMM4u8KGnM:&tbnh=99&tbnw=131&prev=/images%3Fq%3Dpunta%2B%2Bdel%2Bfuerza%2Batomica%2Bmicroscopio%26gbv%3D2%26ndsp%3D20%26hl%3Des%26sa%3DN%26start%3D20
10. *Figura 13.*- http://es.wikipedia.org/wiki/Microscopio_de_efecto_t%C3%BAnel
11. *Figura 14.*- http://www.aist.go.jp/aist_e/aist_today/2007_23/pict/p12_1.png

REFERENCIAS DE CUADROS.

1. Cuadro 01, www.fan.org.ar/documentos/nanotec_el%20futuro.pdf,
www.rinoceros/spip.php?article5064.
2. Cuadro 03, http://www.nanotecnologia.com.pe/n_info_05.html