

## DIVULGACION

**NANOTECNOLOGIA**Sonia Maritza Henao Duque<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo Investigación Nanoelectrónica y Automatización. GRINAU. Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Recibido: 30 de Mayo de 2010; Revisado: 23 de Junio de 2010; Aceptado: 14 de Julio de 2010

**Resumen:** La humanidad se encuentra expuesta a rápidos cambios tecnológicos y científicos debido a la presencia de nuevas ciencias emergentes como la Nanotecnología y sus disciplinas que desde hace más de una década trae con ello una diversidad de cuestionamientos acerca de sus aplicaciones y alcances. La nanotecnología, dedicada al diseño, caracterización, producción, aplicación de estructuras, control de propiedades de materiales y dispositivos de sistemas en la escala de la millonésima de milímetro, genera en el mundo una realidad económica con ingresos multimillonarios en diversas áreas. Debido a este variado campo de acción es relevante presentar una revisión bibliográfica de las tendencias de la nanotecnología a nivel mundial y ampliar la visión de las potenciales aplicaciones tendientes a mejorar la calidad de vida del ser humano respetando el medio ambiente.

**Palabras Clave:** *Nanotecnología, Nanociencia, Nanoelectrónica, Nanomedicina, Nanotubos, Nanofotónica, Nanoóptica, Nanoquímica, centros de investigación.*

**Abstract:** Humanity is exposed to rapid technological and scientific changes cause of the presence of new emerging sciences such as nanotechnology and disciplines which for more than a decade brings with it a variety of questions about their applications and scope. Nanotechnology, which designs, characterization, production, application of structures, materials properties control systems and devices on the scale of a millionth of a millimeter in

the world generates a multimillion-income economic facts in different areas. Because of this varied field of action is relevant to present a literature review of trends in nanotechnology worldwide and expand the vision of the potential applications that improve the quality of human life while respecting the environment.

**Keywords:** *Nanotechnology Nanoscience, Nanoelectronics, Nanomedicine, Nanotubes, Nanophotonics, Nanooptics, Nanochemistry, research center.*

## IV. INTRODUCCIÓN

La nanociencia es el estudio del fenómeno y manipulación de la materia a escala nanométrica (0.1 a 100 nm), mientras que la nanotecnología se trata del diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas a través del control de tamaño y forma a nanoescala. Comunmente se utiliza el término nanotecnología para referirse a ambas disciplinas [8].

## V. MARCO TEORICO

La nanotecnología abarca muchas áreas, entre ellas se destacan la energía, nanobiología y nanomedicina, microscopía de campo cercano, nanoelectrónica y electrónica Molecular, Nanomateriales, Nanometrología, Nanoóptica y Nanofotónica, Nanotubos, Nanoquímica y Teoría, Modelado y Simulación.

A. *Energia*

En este campo se encuentran actividades en las siguientes líneas tecnológicas: Pilas de combustible e hidrógeno

(Electrocatalizadores nobles nanoparticulados, membranas de intercambio protónico nanoestructuradas, almacenamiento de hidrógeno en nanomateriales), Baterías de litio (Materiales electródicos nanoparticulados y/o nanoestructurados), Fotovoltaica (Materiales sustitutivos del silicio), Supercondensadores (Nanomateriales carbonosos como material activo, Nanomateriales inorgánicos) [9].

#### B. Microscopía de campo cercano SPM.

Consiste en aproximar una punta o “sonda” a una superficie que se quiera visualizar y medir la interacción entre la punta y la superficie. Moviendo la punta sobre la superficie se obtiene un mapa de esta interacción y por lo tanto una imagen de la muestra en estudio. Al alcanzar la capacidad nanotecnológica de esta microscopía se logra la capacidad de manipular a escalas nanométricas y modificar las superficies de forma local mediante la punta del microscopio.

En el área de la microscopía del campo cercano SPM, los temas de vanguardia donde se debe invertir son:

- Estudio de materiales orgánicos, materiales con interesantes aplicaciones en dispositivos.
- La microscopía de fuerzas en el modo no contacto, línea en la que hay importantes contribuciones españolas tanto experimentales como teóricas.
- Detección de reacciones biológicas o químicas en micropalancas funcionalizadas (biosensores).
- Otras microscopías de campo cercano, como la microscopía de fuerzas magnéticas MFM o la microscopía de sonda Kelvin (Kelvin Probe Microscopy).

Las posibles líneas estratégicas en el área del SPM pueden ser:

- Materiales Orgánicos.
- Microscopía de Fuerzas en modo no contacto.
- Biosensores, Nanobiotecnología.
- Nuevas microscopías de campo cercano [9].

#### C. Nanobiología y nanomedicina

La nanobiotecnología o aplicaciones de la nanotecnología a los sistemas biológicos tiene su área de aporte en medicina mediante nuevos sistemas de diagnóstico tanto a nivel molecular como por técnicas de imagen, nuevas terapias más selectivas y eficientes y como soporte tecnológico a la medicina regenerativa. Así mismo, parte de estos descubrimientos tendrá también influencia en la industria agrícola y de la alimentación. En particular, la Nanomedicina es un ámbito de investigación científico y

tecnológico interdisciplinario que pretende mediante el desarrollo y la aplicación de la nanotecnología, mejorar el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades y lesiones traumáticas, así como preservar y mejorar la salud y calidad de vida. Para ello, la Nanomedicina pretende mejorar el conocimiento y comprensión del cuerpo humano a nivel molecular con el fin de poder analizar, supervisar, controlar, reparar, reconstruir y mejorar cualquier sistema biológico humano. La Nanomedicina desarrolla y utiliza dispositivos, sistemas y tecnologías que incluyen nanoestructuras capaces de interactuar a escala molecular y que se interconectan en su caso con microsistemas para interactuar a nivel celular o subcelular.

Desde el punto de vista de la aplicación, la Nanomedicina en estos momentos se focaliza en tres grandes ejes transversales con independencia de las patologías: mejora del diagnóstico tanto in-vivo como in-Vitro, desarrollo de nuevos sistemas más efectivos de suministro y dosificación de fármacos, y desarrollo de tecnologías para la ingeniería tisular y la medicina regenerativa. La Nanomedicina constituye un paradigma de investigación transnacional, ya que requiere desde la investigación fundamental proveniente de la Química, Física o Biología, la investigación aplicada de Ciencia y Tecnología de Materiales, Farmacología, Bioelectrónica e Ingeniería Biomédica y la Investigación Médica clínica [11].

#### D. Nanoelectrónica y electrónica molecular

La nanoelectrónica estudia los fenómenos de transporte y distribución de carga y espín en la escala del nanómetro, avances instrumentales en las últimas décadas han permitido la visualización en el espacio real y la manipulación controlada de los átomos; en paralelo las técnicas de litografía han ido reduciendo el tamaño llegando en la actualidad la industria semiconductora a pistas de 90 nm en obleas de 300 mm de diámetro. Las dos aproximaciones científicas al mundo que separa lo atómico de lo macroscópico se conocen como “bottom-up” y “top-down”. La implementación de la nanoelectrónica en la tecnología actual será un proceso gradual, sustituyendo componentes individuales y eventualmente sistemas complejos. La microelectrónica, incluso con tamaños de puerta de transistor por debajo de los 50 nm, no es estrictamente una implementación de la nanoelectrónica, ya que no hay una propiedad física relacionada con la reducción de tamaño que esté siendo utilizada. Aun así, la necesidad de la nanotecnología, y de la nanoelectrónica en particular, se justifica con la mejora

de prestaciones con el tamaño más pequeño de los dispositivos; se prevé también que las prestaciones continuarán mejorándose durante 15 años optimizando el diseño del chip, haciendo un uso más eficiente del área de la oblea de Silicio [11].

El doctor José Luis Costa-Krämer, del instituto de microelectrónica de Madrid, clasificó la nanoelectrónica en 6 apartados:

- **Electrónica Molecular:** Estudia propiedades moleculares que pueden llevar al procesado de la información. Los materiales moleculares electroactivos están siendo desarrollados industrialmente para su utilización en aplicaciones tan diversas como baterías orgánicas, músculos artificiales, pantallas de teléfonos móviles, células solares.
- **Nanotubos de Carbono:** Los nanotubos de carbono son moléculas tubulares de carbono, con propiedades que los hacen muy atractivos y potencialmente útiles para aplicaciones como componentes eléctricos y mecánicos extremadamente pequeños. Exhiben una dureza inusual, propiedades electrónicas únicas y son unos conductores de calor extremadamente eficientes. Las buenas propiedades eléctricas, mecánicas, y químicas de los nanotubos de carbono les hacen candidatos para fabricar dispositivos tales como transistores a escala nanométrica, pantallas de emisión de campo, actuadores.
- **Nanoestructuras semiconductoras:** Son estructuras de dimensiones nanoscópicas capaces de confinar electrones (incluso uno sólo) en niveles de energía discretos.; los nanocristales de semiconductores muestran propiedades ópticas y electrónicas que dependen de su tamaño. Esto los hace extremadamente atractivos en aplicaciones como celdas fotovoltaicas, láseres, transistores, etc.
- **MEMS y NEMS:** Una derivación actual de la tecnología microelectrónica es el desarrollo de MEMS (Micro-Electro-Mechanical-Systems) chips de silicio y otros materiales en los que se integran no sólo funciones de tipo electrónico convencional (microprocesadores) sino también nuevos elementos funcionales de todo tipo (microsensores, microactuadores, microfluídica, micromotores, microcomponentes ópticos) fabricados mediante técnicas litográficas y de micromecanización por ataque químico anisótropo, similares a las ya conocidas en microelectrónica. Este campo no ha hecho más que nacer y ya se prevé su evolución inmediata,

a partir de un desarrollo natural de ingeniería (top-down) no sólo reduciendo aún más su escala sino introduciendo aspectos y procesos típicos de la nanotecnología para dar lugar a los denominados NEMS.

- **Interconectores:** Uno de los principales retos en la fabricación de dispositivos nanoelectrónicos es la conexión entre diferentes componentes.
- **Espintrónica:** Los dispositivos activos actuales están basados todos, en mayor o menor medida, en la carga del electrón, que fue descubierto a finales del siglo XIX.. El primer dispositivo espintrónico es el cabezal de lectura de información magnética basado en la magnetorresistencia gigante. El principio es la diferente tasa de dispersión (scattering) a que están sujetos los diferentes canales de espín. Esto hace que una orientación antiparalela de la imanación en las capas magnéticas presente un estado de resistencia alta, y que la orientación paralela presente un estado de resistencia baja. Estos dispositivos se encuentran en los cabezales de los discos duros y el descubrimiento del fenómeno mereció el premio Nobel de Física del año 2007, a Albert Fert y Peter Grunberg.
- **Computación Cuántica:** En el mundo cuántico la unidad de información es el “qubit” (bit cuántico), lo que promete grandes resultados en cuanto al procesamiento de la información.

#### *E. Nanomateriales[13]*

El término Nanomateriales engloba todos aquellos materiales desarrollados con al menos una dimensión en la escala nanométrica aparecen propiedades que permiten el desarrollo de materiales y dispositivos con funcionalidades y características completamente nuevas. En esta área, por lo tanto, se incluyen agregados atómicos (clusters) y partículas de hasta 100 nm de diámetro, fibras con diámetros inferiores a 100 nm, láminas delgadas de espesor inferior a 100 nm, nanoporos y materiales compuestos conteniendo alguno de estos elementos. La composición del material puede ser cualquiera, si bien las más importantes son silicatos, carburos, nitruros, óxidos, boruros, seleniuros, telurios, sulfuros, haluros, aleaciones metálicas, intermetálicos, metales, polímeros orgánicos y materiales compuestos. Los sectores de actividad más relevantes en Nanomateriales incluyen Materiales Nanoestructurados, Nanopartículas, Nanopolvos, Materiales Nanoporosos, Nanofibras, Fullerenos, Nanotubos de Carbono, Nanohilos, Dendrimeros, Electrónica Molecular, Puntos Cuánticos y Láminas

Delgadas; la actividad en cada uno de ellos está fuertemente condicionada por la demanda de cada sector socio-económico.

#### F. Nanometrología

La determinación cuantitativa de propiedades de micro y nanoestructuras es esencial en la I+D y un requisito previo para el aseguramiento de la calidad y el control de procesos industriales. El conocimiento de las dimensiones geométricas de las estructuras es la base a la que están ligadas otras propiedades físicas y químicas. La medición cuantitativa presupone contar con instrumentos de medida exactos y fiables, trazados a patrones de nivel metrológico superior, junto con patrones de calibración y procedimientos de medida ampliamente aceptados. Cualquier nanosistema basado en dispositivos eléctricos, ópticos, magnéticos, mecánicos, químicos o biológicos requiere de medios metrológicos para caracterizar parámetros críticos como dimensiones, composición, rigidez, rugosidad, concentración de dopantes, coercitividad magnética y otros. Las nanoestructuras requieren un control dimensional exacto para garantizar su correcta fabricación y funcionalidad [14].

#### G. Nanofotónica y Nanoóptica.

La nanofotónica no es, como en la mayoría de las disciplinas inmersas en “lo nano”, el resultado de la mera reducción del tamaño de los elementos bajo estudio. A menudo, sucede que las propiedades intrínsecas de estos cambian al reducirse el tamaño. En otros casos lo que da lugar a ciencia novedosa es el hecho de encontrarse con elementos y distancias características conmensurables con la longitud de onda de la luz. Para convertirse en el heredero de la óptica convencional es aún necesario avanzar en diversos frentes, en particular en el desarrollo de materiales, tanto en la aproximación ascendente o bottom-up (ensamblar entidades para formar una estructura mayor), como en la descendente o top-down (miniaturización) y en la integración de los mismos con otros sistemas nanométricos. Se espera que las aplicaciones derivadas de la nanofotónica superen en variedad a las de la óptica clásica y se sitúen no sólo en el marco de las comunicaciones y la sociedad de la información, sino en otras áreas como la nanomedicina (diagnóstico a través de imágenes ultra precisas “in vivo”) o los sensores (biosensores de alta sensibilidad “sin marcadores”) [15].

#### H. Nanotubos.

Los nanotubos de carbono (NTC) son objetos nanométricos, debido a su estructura cilíndrica singular

(diámetros de unos nanómetros, longitudes de unos micrómetros y diferentes tipos de quiralidad) y a su composición (únicamente formados por átomos de carbono), los nanotubos de carbono poseen una serie de únicas y fascinantes propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas, electrónicas, magnéticas y ópticas. Algunas de las propiedades características de los nanotubos son:

- Material muy ligero.
- Material con elevada área superficial.
- Material muy fuerte.
- Material muy flexible con gran
- Capacidad de almacenamiento de energía mecánica.
- Conductividad térmica hasta 3000 W/mK.
- Elevada estabilidad térmica.
- Conductividad eléctrica: en función de su estructura pueden ser metálicos o Semiconductores (incluido aislante).
- Muy buena emisión de electrones bajo un campo eléctrico.
- Propiedades cuánticas (electrónicas, vibracionales, magnéticas etc.).

Dadas las excelentes y particulares propiedades de los NTC, los materiales preparados a partir de ellos tienen aplicaciones interesantes que abarcan campos tan distintos como la electrónica plástica, fibras funcionales, textiles inteligentes, materiales compuestos multifuncionales, almacenamiento de energía, etc. La preparación de dispositivos optoelectrónicos y fotovoltaicos basados en NTC es un campo en continuo crecimiento y con un interés muy elevado por muchas empresas del sector. En este campo existen ya dispositivos y prototipos en el mercado como son las pantallas planas comercializadas por Samsung y Toshiba, Oleds preparados por Motorola, puntas de AFM por Nanoscience instruments y fuentes de electrones preparadas por Philips, entre otros [16].

#### I. Nanoquímica.

Bajo el término de Nanoquímica se engloban todas aquellas actividades de la Nanociencia y la Nanotecnología que poseen en común la utilización de las aproximaciones y las herramientas tradicionales de la Química para crear, desarrollar y estudiar objetos que presenten propiedades útiles debido a sus dimensiones nanoscópicas; es precisamente en este área en donde se ubica una de las aproximaciones más importantes de la Nanotecnología como es la aproximación ascendente (“bottom-up approach”) que tiene como objetivo organizar la materia a escala nanoscópica a partir de átomos o moléculas con el fin de conseguir con ellos

nuevas propiedades y aplicaciones; se prevé que esta disciplina tendrá una influencia notable en casi todos los sectores socioeconómicos [17].

#### *J. Teoría, modelado y simulación*

Las futuras aplicaciones de la Nanotecnología requieren un conocimiento profundo de los aspectos teóricos y computacionales de todo tipo de materiales y dispositivos a escala nanométrica. Numerosas áreas emergentes, tales como la Electrónica Molecular, Nanobiotecnología, Nanofotónica, Nanofluidica o la Computación Cuántica van a dar lugar, a corto o medio plazo, al desarrollo de nuevos elementos de dispositivos basados en Nanotecnología. La simulación teórica del comportamiento de

estos dispositivos esta siendo cada vez más importante ya que permitirá comprender las propiedades físicas y químicas involucradas, visualizar lo que ocurre dentro del dispositivo y optimizar el funcionamiento y la fabricación de éstos. La descripción teórica y el modelado de los nuevos nanodispositivos y los diversos fenómenos que ocurren en sistemas nanométricos involucra conceptos, técnicas de cálculo, programas y códigos informáticos y aproximaciones teóricas que provienen de campos muy diversos (Física de la Materia Condensada, Química computacional, Biofísica, Matemáticas, Óptica, Ingeniería, etc.), problemas que hasta hace unos pocos años no guardaban mucha relación, acaban por estar relacionados de una manera fundamental en el mundo de la Nanotecnología. El modelado y la simulación de procesos es esencial para la integración entre las escalas atómica y molecular, típicas de la Nanociencia, con el mundo micro, meso y macroscópico. El apoyo a la investigación y desarrollo de este campo es, por tanto, fundamental para el desarrollo de las aplicaciones industriales basadas en la Nanociencia [18].

#### *K. Investigación en Nanotecnología.*

Después de referenciar las áreas que abarca la nanotecnología, es importante tener en cuenta que el esfuerzo investigador en este ámbito no deja de crecer en busca del dominio científico-tecnológico para un correcto posicionamiento industrial y económico.

Los países que están realizando mayores investigaciones son: España, Francia, Estados Unidos, Argentina, México, Japón, Portugal, Brasil, y Colombia ya está realizando proyectos de investigación en ésta área.

#### *L. Colombia.*

Los inicios de la inclusión de la nanotecnología por parte del gobierno colombiano comienzan en el 2004 cuando Colciencias selecciona el área de “Nanotecnología y Materiales Avanzados” como una de sus ocho áreas estratégicas para el desarrollo de la productividad y competitividad colombiana. En el 2005, se creó el Consejo Nacional de Nanociencia y Nanotecnología impulsado por la Sección Colombia del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), y a continuación se instaló una red de investigación y desarrollo de nanotecnociencias en centros educativos como la Universidad Javeriana, Universidad de San Buenaventura, Universidad del Bosque, Universidad Distrital, y Universidad Santo Tomás [19].

El Programa “Generación del Bicentenario” del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias abrió las convocatorias para apoyar a profesionales colombianos interesados en realizar estudios de doctorado en Colombia y en el exterior, y a jóvenes investigadores que deseen hacer pasantías en grupos de investigación reconocidos por Colciencias. Con esta iniciativa el Gobierno Nacional busca formar investigadores que contribuyan con su trabajo a generar innovación y desarrollo para el país. La meta es tener por lo menos 3.000 doctores graduados en el año 2019.

A nivel de grupos de investigación, a septiembre del año 2006 se identificaron 20 grupos de investigación que han realizado 3551 productos, entre artículos, capítulos de libros, libros de investigación, entre otros, es importante resaltar que en Colombia se cuenta con infraestructura tecnológica como máquinas y equipos de laboratorio de alta y mediana complejidad en algunos de dichos centros o grupos de investigación [20].

#### *M. Principales grupos de investigación en Colombia [20].*

- CENM. Es el Centro de Excelencia en Nuevos Materiales, hace parte de un esfuerzo de la nación y fue producto de una convocatoria para la creación de centros de investigación de excelencia catalogada como alta prioridad con el apoyo de COLCIENCIAS. Involucra grupos de investigación de 10 universidades colombianas y 4 diferentes entidades internacionales, 3 de Estados Unidos y 1 de Chile. Las universidades colombianas que se encuentran asociadas al CENM son: Universidad del Valle, Universidad

del Norte, Universidad Industrial de Santander, Universidad de Antioquia, Universidad del Quindío, Universidad del Tolima, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Autónoma de Occidente, Universidad Tecnológica de Pereira y Universidad del Cauca.

- El NANOCITEC. Es el Centro de Ciencia y Tecnología Nanoescalar fundado en el año 2006 y compuesto por profesionales de áreas como la ingeniería electrónica, la física, la química, biomédica, medicina y biología, tiene como principales objetivos el incursionar en temas de:
  - Ciencia y tecnología de nanopartículas y nanoestructuras orgánicas e inorgánicas.
  - Nanociencia computacional.
  - Bionanotecnología.
  - Nanociencia, nanotecnología y salud.
  - Implicaciones éticas y sociales de la nanociencia y nanotecnología.

#### *N. Centros de Investigación en Nanotecnología Mundial.*

La nanotecnología está revolucionando al mundo; actualmente se invierten millones de dolares en investigación; algunos centros destacados se enuncian a continuación y fueron tomados del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. CONACYT. <http://www.conacyt.mx/>

- Fundacion Phantoms, España. <http://www.phantomsnet.net/Resources/NNE.php>.
- Red Española de Nanotecnología/ Spanish Nanotechnology Network. NanoSpain, <http://www.nanospain.org/>
- FAN (Fundación Argentina de nanotecnología). <http://www.fan.org.ar/>
- Comisión Nacional de Energía Atómica - Centro Atómico Constituyentes (CNEA - CAC). <http://www.cnea.gov.ar/xxi/>
- Comisión Nacional de Energía Atómica - Centro Atómico Bariloche (CNEA - CAB)
- Centros del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). <http://www.inti.gov.ar/>
- Universidad Nacional de La Plata (UNLP). <http://www.unlp.edu.ar>.
- Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA)- <http://www.inifta.unlp.edu.ar/>
- Instituto Catalan de Nanotecnología
- La Comisión Europea de Nanotecnología
- Universidad de Vigo, España.
- National Nanotechnology Initiative (Iniciativa Nacional sobre Nanotecnología). USA. <http://www.nano.gov/>

- Laboratorio Iberico Internacional de Nanotecnología, España.
- Laboratorio Nacional de Brookhaven, USA
- Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), USA.
- College of Nanoscale Science & Engineering de la Universidad de Albany, NY. USA.
- Cornell University- <http://www.cornell.edu/>. USA
- University of Central Florida <http://www.nanoscience.ucf.edu/> USA.
- University of Illinois -<http://mntl.illinois.edu/> USA.
- Drexel University. AJ Drexel nanotechnology Institute <http://www.nano.drexel.edu/> USA.
- Stevens Institute of Technology <http://www.stevens.edu/nano/> USA.
- Global Nanotechnology Network. GNN <http://www.globalnanotechnologynetwork.org/> USA
- National Nanotechnology Infrastructure Network. NNIN. <http://www.nnin.org.html/> USA
- College of nanoscale science & engineering de la Universidad de Albany, NY. <http://cnse.albany.edu/>. USA.
- Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), México.
- Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la UNAM (Universidad Autónoma de México)
- Centro de Física de la UNAM, México.
- Laboratorio de Nanoquímica y Electroquímica de la UDLAP (Universidad de las Américas Puebla). Mexico.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. CONACYT. <http://www.conacyt.mx/>, México.
- Nanotechnology Research Institute. AIST NRI. <http://unit.aist.go.jp/nanotech/>, Japón.
- Nanoforumeula for Nanonetworking Europe and Latin America NanoforumEULA, <http://www.nanoforumeula.eu/> USA.
- Cordis (European Research) CORDIS, <http://cordis.europa.eu/nanotechnology/>
- European Nanotechnology Gateway NANOFORUM, <http://www.nanoforum.org/>
- Nanotechnology KTN. Nano KTN, Reino Unido, <http://www.mntnetwork.com/>
- Institute of Nanotechnology Ion, <http://www.nano.org.uk/>. Reino Unido.
- Australian Research Council Nanotechnology Network. ARCNN, <http://www.ausnano.net/>. Australia.
- Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), Mexico.
- Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad. ReLANS, <http://www.estudiosdeldesarrollo.net/>

- Nanotechnology Research Institute. AIST NRI. <http://unit.aist.go.jp/nanotech/>. Japon.

#### O. REVISTAS CIENTIFICAS DE DIVULGACION DE TRABAJOS EN NANOTECNOLOGIA.

Es muy importante la divulgación de los proyectos de investigación y desarrollo en el área, éstas son algunas revistas que publican artículos relacionados con investigación y desarrollo en nanotecnología:

- IEEE Transactions on Nanotechnology es una revista científica interdisciplinaria impulsada por 18 sociedades científicas lideradas por el IEEE Council on Nanotechnology, Cornell University.
- NANOTECHNOLOGY está dedicada a cubrir todos los aspectos de la ciencia y la tecnología a nanoescala desde una perspectiva multidisciplinaria. Editor: M Welland, University of Cambridge, UK
- NANO LETTERS centra su atención en la investigación básica en todas las ramas teóricas y prácticas de la nanotecnología y la nanociencia, proporcionando un rápido acceso a los elementos claves de estudio mediante la publicación de resultados de los fenómenos de la biología, la física, la química teórica y experimental, junto con procesos y aplicaciones de las estructuras a nanoescala. Entre las áreas de interés que cubre esta revista están la síntesis y procesamiento inorgánico y orgánico de materiales de híbridos a nanoescala por métodos físicos, químicos y biológicos con modelización y simulación de procesos de interacción y ensamblaje. **Editor:** A. Paul Alivisatos, Chancellor's Professor of Chemistry and Materials Science. College of Chemistry. University of California.
- VIRTUAL JOURNAL OF NANOSCALE, SCIENCE, NANOTECHNOLOGY: Editor. David Awschalom, Department of Physics; University of California, Santa Barbara.
- MICROELECTRONICS AND NANOMETER STRUCTURES: PROCESSING, MEASUREMENT, AND PHENOMENA. THE JOURNAL OF VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY: está dedicado a investigaciones originales, revista de artículos y crítica de artículos. El énfasis está dirigido a los procesos, a la medición y el estudio de los fenómenos. La revista también publica artículos de conferencias y simposios que están apoyados por la American Vacuum Society (AVS) y sus divisiones. Se publica 6 veces al año a través American Institute of Physics (AIP). Editor: Gary E. McGuire / International Technology Center.
- AMERICAN SCIENTIFIC PUBLISHERS: Publica trabajos en nanotecnología. <http://www.aspbs.com/main.html>
- JOURNAL FOR NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY (JNN) es una revista internacional con una amplia cobertura de la actividad investigadora en todas las áreas de la nanotecnología y la nanociencia. La JNN publica artículos de texto completo, comunicaciones rápidas de avances y descubrimientos importantes, revistas sobre el estado de temas centrales, e investigaciones actuales teóricas y aplicadas en todas las disciplinas de la ciencia, la ingeniería y la medicina. Editor: H. S. Nalwa, USA.
- REVISTA NANOTECH NEWS: Cada mes, la revista *Nanotech News* evalúa los más relevantes artículos de nanotecnología publicados en la literatura de este campo
- NATURE NANOTECHNOLOGY <http://www.nature.com/nnano>
- NANOMEDICINE: NANOTECHNOLOGY, BIOLOGY, AND MEDICINE
- THE LANCET NANOTECHNOLOGY', revista británica.

#### VI. CONCLUSIONES

La nanotecnología abarca un amplio campo de aplicaciones potenciales que en un futuro no muy lejano permitirá grandes transformaciones en la calidad de vida del ser humano. Colombia ha iniciado en este campo del conocimiento y es deber de las Universidades Nacionales hacer esfuerzos por contribuir a desarrollar proyectos en el área para el progreso de la investigación y divulgación científica tanto a nivel nacional como internacional; existen inmensas posibilidades y se pueden aprovechar para ingresar en la competitividad del desarrollo científico y tecnológico a nivel mundial, debido a esto la nanotecnología se convierte en un desafío al interior de las instituciones y la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca podría iniciar y fortalecerse ante la competitividad institucional, proyección social, empresarial y económica, sostenida sobre una base sólida de los actores implicados y trabajar arduamente para que se logre a corto plazo la generación de nuevo conocimiento científico; para ello se sugiere continuar con el proceso y consolidación de grupos de investigación, como **GRINAU** (Grupo de investigación en nanoelectrónica y automatización), y promover espacios de discusión donde se planteen, desarrollen y divulguen ideas y proyectos de investigación que contribuyan de manera integral al desarrollo de la región y el país.

## IV - REFERENCIAS

- 
- [8] Centro de investigacion en materials avanzados SC, "Diagnostico y perspective de la nanotecnologia en Mexico," 2008.
- [9] J.A. Pomposo y O.M. Crespo, "Energia" Centro de Tecnologías electroquímicas CIDETEC, San Sebastian, España, 2010.
- [10] J. Mendez, "Microscopia de campo cercano SPM,," CSIC, España, 2010.
- [11] J. Samitier. " Nanobiologia y Nanomedicina.", Director del Laboratorio de Investigación en Nanobioingeniería del Instituto de Bioingeniería
- [12] J.L. Costa-Kramer. "Nanoelectronica y electronica molecular". Instituto de Microelectronica de Madrid. España. 2010.
- [13] F. Palacio Parada. "Nanomateriales". Instituto de Ciencia de Materiales de Aragon. España. 2010.
- [14] E. Prieto, "Nanometrologia" Red Nanospain. España. 2010.
- [15] A. Garcia Martin, "Nanofotonica y nanooptica", Instituto de microelectronica de Madrid. España. 2010.
- [16] P. Castell, "Nanotubos". Nanozar SL Saragoza. España. 2010.
- [17] J. Veciana. "Nanoquimica". CSIC. Barcelona. España. 2010.
- [18] J. J. Saenz. "Teoria, Modelado y Simulacion". Universidad Autonoma de Madrid. España. 2010.
- [19] J.Giraldo, E.Gonzalez, linux + development scada F.Gomez "Nanotecnociencia: nociones preliminares sobre el universo macroscopico", primera edicion, ediciones buinaima, Bogota, Colombia, 2007, 264 paginas.
- [20] D. Zuluaga, J.M. Sanchez, "Informe de vigilancia tecnologica. Metodos de fabricacion de nanotecnologia" Colciencias, Bogota, Colombia, diciembre 2007, 205 paginas.
- [21] F. Silva, "Nanotecnologia en Colombia, retos y oportunidades.", Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Bogota, Colombia. 2010.

**Sonia Maritza Henao Duque:** Ingeniera Física - Universidad del Cauca, Especialista en Electromedicina y Gestión Tecnológica Hospitalaria- Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, Docente tiempo completo, Corporación Universitaria Autónoma del cauca, Popayán, Colombia