

La divulgación en Colombia de la nanociencia y la nanotecnología en tiempos de cambio

A. CAMACHO B.,* C. A. DUQUE**
J. J. GIRALDO,[†] M. E. GUERRERO^{††}

El estado colombiano, a través del *Programa Nacional de Ciencia y Tecnología* y del *Programa Nacional de Ciencia y Prospectiva*, ha dado impulso tanto a la nanociencia como a la nanotecnología en materia de divulgación e investigación. Para el presente año el gobierno destinó una inversión en ciencia y tecnología de 223 miles de millones, empleados en los diferentes Departamentos del Estado, tanto para actividades de divulgación como de investigación, sin discriminar los montos para nanociencia y nanotecnología, aún incipientes en nuestro país. [1]

Dentro de las instituciones educativas que han trabajado en la divulgación de la nanociencia y la nanotecnología se encuentran las universidades públicas como la Universidad Nacional de Colombia con sus facultades de Ciencias, Ingeniería y Medicina, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, la Universidad del Valle con el Instituto de Ciencia, Innovación y Gestión del Conocimiento y la Universidad de Antioquia, entre otras.

Asimismo, las instituciones privadas también han dado su aporte a la divulgación; entre ellas se encuentran la Universidad de los Andes, en donde se ha establecido un curso básico de carácter informativo, además de cursos especializados de posgrado en nanoelectrónica; la Pontificia Universidad Javeriana, cuyo trabajo de investigación se basa en nanomedicina; la Universidad Santo Tomás, que en su línea IEEE ha

identificado la nanotecnología como un área de interés, ofreciendo eventos internacionales en biosensores; la Universidad el Bosque con investigaciones sobre el tratamiento contra el cáncer; la Universidad del Rosario, que ofrece conferencias y seminarios para su comunidad educativa, así como proyectos de investigación en algunas de sus áreas de formación.

Entre las organizaciones que propenden por el desarrollo y difusión de la ciencia y la tecnología en Colombia y que se han interesado por el tema se encuentran la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia (ACAC), la Corporación Maloka y BUINAIMA (Asociación Colombiana pro Enseñanza de la Ciencia). El objetivo misional de esta última es “mejorar la calidad en la enseñanza de las ciencias y de sus diversas aplicaciones en todo el territorio colombiano y a todos los niveles, integrándola al proceso enseñanza-aprendizaje de las otras áreas del conocimiento, incluido el artístico y filosófico, todo ello con responsabilidad social y ambiental, dando lugar al desarrollo y puesta en práctica de un conocimiento integrado, integrador y solidario”. [2]

La ACAC tiene dentro de sus objetivos: asesorar al gobierno en materia de política científica y tecnológica e impulsar el desarrollo del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología; trabajar por la consolidación de las comunidades científicas, tecnológicas y académicas a nivel nacional y

* Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. <acamacho@uniandes.edu.co>. Miembro de la Red NANODYF.

** Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. <cduque_echeverri@yahoo.es>. Miembro de la Red NANODYF.

† Buinaima, Asociación pro Enseñanza. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <jjgiraldo@bt.unal.edu.co>. Miembro de la Red NANODYF.

†† Buinaima, Asociación pro Enseñanza. Bogotá, Colombia. <marthagramirez@misena.edu.co> y <marelena979@yahoo.es>. Miembro de la Red NANODYF.

contribuir a la creación de mecanismos que posibiliten su integración al contexto internacional y contribuir a la difusión y apropiación del conocimiento científico, tecnológico e investigativo, entre otros. Ha realizado eventos de divulgación de nanotecnología y publica, a través de la revista *Innovación y Ciencia*, artículos relacionados con el tema. [3]

En varias de estas actividades de divulgación ha fungido como coorganizadora la Fundación Latinoamericana para el Avance de la Ciencia (FUNLACI), cuyo objetivo estratégico es promover el fortalecimiento de los programas de capacitación, bienestar, méritos y estímulos para investigadores en América Latina, ha promovido varios encuentros de carácter didáctico, así como de socialización de resultados académicos producto de la investigación a través de simposios, congresos, foros y actividades de apropiación social del conocimiento. [4]

CENTROS DE INVESTIGACIÓN EN NANOCIENCIA Y/O NANOTECNOLOGÍA

Con el apoyo de Colciencias han surgido centros de excelencia como el Centro de Excelencia de Nanomateriales (CENM), que forma parte de un esfuerzo nacional de alta prioridad apoyado principalmente por Colciencias e integrado por 19 reconocidos grupos de investigación multidisciplinaria, pertenecientes a 10 universidades alrededor del país. Adicionalmente, recibe el apoyo internacional de renombrados institutos mundiales de investigación de materiales. El trabajo de investigación en el CENM está organizado alrededor de 4 temas: materiales de recubrimientos, dispositivos de estado sólido, materiales compuestos y nanomagnetismo. [5]

El Centro de Ciencia y Tecnología Nanoescalar (NanoCiTec) con sede en Bogotá, fue creado en el año 2006 como una asociación sin fines de lucro, compuesta por profesionales de áreas científicas (física, química, biología, medicina) y de ingenierías (electrónica, biomédica, química). Su objetivo es responder a los intereses de diferentes disciplinas que trabajan en los campos de nanociencia y nanotecnología; así, se ha consti-

tuido en una iniciativa autogestionada por sus actores. El programa principal de trabajo de NanoCiTec está centrado en investigaciones sobre tratamientos de cáncer usando nanotecnología.

Dentro de esos eventos se encuentra el ciclo de conferencias “Nanotecnología, investigación y desarrollo y nanotecnología y su impacto en el área de la salud”, realizado los días 18 y 19 de septiembre de 2007, con la participación de expositores nacionales e internacionales. [6]

El Centro de Excelencia en Modelamiento y Simulación de Fenómenos y Procesos Complejos (CEIBA), cuyo foco es el Grupo Seguimiento Corazón vía satélite, se caracteriza por ser un grupo multidisciplinario que, desde 1958, tiene como objeto de estudios los fenómenos electrofisiológicos; en la actualidad trabaja en el proyecto del nanomarcapasos liderado por el Dr. Jorge Reynolds, inventor del marcapasos en el año 1958, quien ha dirigido numerosas investigaciones relacionadas con este campo de estudio, es el creador, director general del grupo SCVS y director del proyecto Nanopuente A-V Artificial (investigación en desarrollo). [7]

También el Centro Internacional de Física (CIF) en Bogotá, el Centro de Biomateriales y la Corporación para la Investigación de la Corrosión de la Universidad Industrial de Santander (UIS) en Bucaramanga son instituciones que han dedicado buena parte de sus investigaciones al tema de nanotecnología.

SITUACIÓN DE LA DIVULGACIÓN Y ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN COLOMBIA

2005, el año Internacional de la física, fue quizá la primera gran oportunidad para hablar ampliamente de lo nano en Colombia. En efecto, reconociendo que Albert Einstein hizo los primeros aportes significativos a lo que hoy puede denominarse nanociencia; en una serie de conferencias ofrecidas en Bogotá y ciudades aledañas con motivo del centenario de sus famosas teorías, se aprovecharon dichos espacios para señalar sus contribuciones a esta ciencia y tecnología emergente. El Ministerio de Educación Nacional, por

su parte, declaró aquél el “año de las competencias científicas”. Con ese pretexto, se propuso llevar a todas las regiones de Colombia conferencias y talleres que incentivarán la enseñanza de las ciencias. BUINAIMA se unió a esta campaña, tomando en sus manos la responsabilidad de difundir los conceptos básicos y las aplicaciones de la nanotecnología. En particular, organizó unas conferencias y talleres en varias ciudades de Colombia que se denominaron: “La nanotecnología y nosotros”, destacando el importante papel que el tema desempeñaría en las décadas venideras. Los talleres fueron realizados en Bogotá, Paipa, Florencia, Mocoa y Villavicencio. De ahí surgió la idea de dar a la luz un libro que recogiera la experiencia y divulgara más ampliamente los avances en el campo, publicado finalmente en 2007.

En agosto de 2005 se realizó el primer evento en el tema con invitados internacionales en la Biblioteca Virgilio Barco Vargas, denominado “Conferencia Internacional Nanotecnología Presente y Futuro” organizado por el entonces denominado Consejo Nacional de Nanociencia y Nanotecnología (CNNN). Posteriormente, surgió el Centro de Ciencia y Tecnología Nanoescalar, (NANOCITEC), desde el cual se impulsaron diversos eventos cuyo propósito era también difundir los conceptos y aplicaciones de la nanotecnología.

Otro evento pionero en pro de la divulgación de la nanotecnología en Colombia fue el Simposio Nacional de Nanotecnología, La Revolución del Siglo XXI, organizado por la Universidad Nacional de Colombia, en septiembre de 2006. Se presentaron temas como cura contra el cáncer, hidrógeno como combustible, aprovechamiento de energía solar, nuevos sistemas de almacenamiento de información con nanosensores, pinturas cosméticas, textiles inteligentes, materiales para aplicaciones médicas, electrónica y biotecnología.

La Universidad Externado de Colombia en su I Convención Internacional de Informática Jurídica, Documentación y Documento Electrónico, realizada los días 18 al 20 de octubre de 2006, trató temas a nivel jurídico con profunda preocupación por la ausencia de normativa en Colombia, los retos que la manipulación en nanotecnología depara y la madurez del mundo frente a estos avances. [8]

El 12 de abril de 2007, la Universidad Nacional y la Asociación Colombiana pro Enseñanza de la Ciencia (BUINAIMA) organizaron un evento-foro denominado “NANOLOGÍA: un nuevo campo transdisciplinario”, durante el cual se hizo el lanzamiento del primer libro escrito en Latinoamérica sobre el tema: *NANOTECNOLOGÍA: nociones preliminares sobre el universo nanométrico*, editado por Jairo Giraldo, Edgar González y Fernando Gómez-Baquero. (Ediciones Buinaima, Bogotá, 2007.)

La Universidad de los Andes ha organizado los Encuentros Colombianos de Micro y Nanotecnología, actualmente en la versión III, cuyo objetivo es motivar la integración de los investigadores locales y regionales y presentar el panorama nacional e internacional en estas tecnologías. Para ello se realizaron conferencias con expertos internacionales y se brindó un espacio para la exposición de trabajos desarrollados en Colombia.

El II Simposio Nacional de Nanotecnología: NanoForum Colombia 2007, realizado entre el 26 y 27 de octubre. Organizado por FUNLACI y BUINAIMA entre otros. En este evento se expusieron temas como nanomedicina, prospectiva y gestión tecnológica en nanotecnología, bioética, educación en nanotecnología e instrumentación. Si bien gran parte de los trabajos tenían un carácter divulgativo, muestran el interés de diversas instituciones en el tema. [9]

Nanocolombia es uno de los espacios donde se han dado a conocer investigaciones entre CELBIT (células y bits) y grupos de investigación. Esta presentación narra la creación de nanoestructuras usando nanolitografía AFM, de las cuales el expositor es el autor de la primera que se tenga registro en Colombia, publicada en la *Revista Colombiana de Física* año 2006. CELBIT es una compañía de Investigación y Desarrollo acelerado de productos que brinda soluciones en el campo de la física aplicada. Las tareas de operación y proyectos se orientan en cuatro grupos de investigación: micro y nanotecnologías, nuevos materiales y energías alternativas, robótica e inteligencia artificial, informática y telecomunicaciones. [10]

El Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín (ITM) realizó el 3 y 4 de septiembre

de 2009, en el Aula Magna del campus Robledo, el Simposio Nacional de Nanotecnología: ITM, Fundación Latinoamericana para el Avance de la Ciencia (FUNLACI) realizado en colaboración con Nanocolombia 2009.

La Universidad Santo Tomás en Bogotá organizó el Curso Internacional Dispositivos Nanobiosensores: Innovación y Aplicación, adicionalmente, conferencias en nanomedicina: “Aplicación de la nanotecnología a la salud”, “Sensores nanomecánicos basados en tecnología MEMS”, en mayo de 2010. Entre tanto, en la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás, existe un proyecto llamado ARBOT-Agente acuático. Su objetivo es lograr el diseño y operación de un sistema de agentes capaces de flotar parcialmente sumergidos en agua y dotados de movimiento autónomo de tipo browniano, con la capacidad de ligarse entre sí de acuerdo con ciertas reglas derivadas del comportamiento biológico del ADN. Se propone este sistema de enjambre de agentes como una fuente experimental de estudio de estrategias de transporte de partículas en medios húmedos, autoensamblado, autoorganización y replicación, aspectos que pueden ser proyectados a nivel de transporte y organización de estructuras a nivel nanoescala. [11]

La Universidad de Cundinamarca organizó el Congreso Internacional sobre las Aplicaciones de la nanotecnología en Colombia llamado COLNANOTEC 2009, cuyos focos fueron: las aplicaciones en ciencias de la salud, agroindustria, medio ambiente, TICS y enseñanza de la nanotecnología. [12]. También en esta universidad se inició una cátedra abierta titulada: “Prospectiva de la investigación para el siglo XXI”, dentro de sus actividades se realizaron conferencias divulgativas del estado de la nanociencia y la nanotecnología publicadas en la *Revista Diario de Campo* en su edición de 2010.

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) organizó una actividad de carácter nacional para mostrarle al país los avances que ha alcanzado en materia de tecnología y de innovación, especialmente desde 2002. Es de anotar el esfuerzo que el SENA ha hecho en actividades de divulgación creando el Centro de Formación de Talen-

to Humano en Salud, el cual organizó el Primer Foro Internacional de Nanotecnología e Inteligencia Artificial dirigido a la alta gerencia de los diferentes sectores industriales, academia e investigadores, en septiembre de 2009. Un paso más allá para mostrar los avances fue Expo SENA 2010 «Feria de la Competitividad», un evento que estuvo abierto a todos los colombianos, de manera gratuita en Corferias, Bogotá, del 30 de junio al 4 de julio de 2010.

La Universidad del Norte en Barranquilla fue la sede del Seminario Internacional Nanociencia 2010. La idea central de este seminario propuesto por la Academia de Ciencias Exactas y Naturales ACCEFYN, el Centro de Excelencia en Nuevos Materiales CENM y la Fundación Latinoamericana para el Avance de la Ciencia, fue la de poner en contacto investigadores de centros a nivel mundial, que están desarrollando proyectos e iniciativas en nanotecnología con grupos colombianos que estén interesados en incursionar en esta área a fin de establecer proyectos colaborativos e intercambios estudiantiles y de investigadores.

La Universidad Distrital ha realizado actividades de divulgación de la nanotecnología, entre ellas las charlas realizadas en agosto 18 de 2010 tituladas “Nanotecnología y sus aplicaciones en el área ambiental”, en la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. De igual manera, la Facultad de Ingeniería ha diseñado un “Portal de Nanotecnología” que cuenta con una plataforma *second life* para su entendimiento. [13]

La Universidad Javeriana destaca por pertenecer al grupo NanoCiTec liderado por el Dr. Edgar González, así como por su participación en varios eventos dentro de los cuales se encuentra el III Congreso de Bioingeniería e Ingeniería Biomecánica donde obtuvo el primer puesto dentro de la evaluación de ponencias orales gracias a su trabajo “Citotoxicidad por fototermólisis asistida con nanotubos de carbono”. [14]

Durante el primer semestre de 2011, en el esquema de la Cátedra José Celestino Mutis, la Universidad Nacional de Colombia –sede Bogotá– ofreció un curso semestral dirigido a más de 1,500 estudiantes y profesionales en el Auditorio León de Greiff, con conexión en red a algunas

de sus sedes (Medellín y Manizales), con el objetivo de introducir a los asistentes en los conceptos y temas básicos de la nanotecnología, nanomateriales (definiciones, tipos, propiedades y técnicas de caracterización), aplicaciones en la medicina, las ciencias básicas, la ingeniería y en la discusión del impacto a nivel ambiental, biológico, económico y sociocultural. La cátedra se denominó: "Nanotecnología: el tamaño sí importa". Constó de 30 conferencias, aproximadamente la mitad de ellas ofrecidas por expertos internacionales, y una mesa redonda final en la que participaron la mayor parte de los conferencistas nacionales.

La Facultad de Ingeniería, el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad de los Andes, organizó el III Encuentro Colombiano de Micro y Nanotecnología, llevado a cabo los días 10, 11 y 12 de agosto de 2011. La Facultad de Ingeniería viene conformando desde hace un año sus Centros de Investigación Estratégica (CIE) sobre cuatro líneas estratégicas: movilidad sostenible, agua, energía y nuevos materiales. A través de estos CIE se buscará desarrollar investigación que contribuya al crecimiento del país en conjunto con instituciones del sector privado, público y académico. Como una de sus primeras actividades el CIE Nuevos Materiales se incorpora al trabajo que viene haciendo el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica en la organización de este evento. El encuentro colombiano de micro y nanotecnología tiene como objetivo generar un espacio interdisciplinario que fomente el conocimiento, la discusión, visiones, propuestas, inquietudes y colaboraciones nacionales e internacionales en torno a micro y nanotecnologías. Este espacio se abre para tener una perspectiva amplia sobre los trabajos nacionales desde múltiples ángulos: académico, industrial, educativo, político, económico y social.

Por otra parte, el Servicio Nacional de aprendizaje (SENA) ha diseñado un curso básico de divulgación en nanotecnología y sus aplicaciones en la medicina, dirigido a los profesionales y tecnólogos del área de la salud, en el Centro de Formación de Talento Humano en Salud en Bogotá.

La Universidad Autónoma de Colombia da sus primeros pasos en nanotecnología con el semillero de investigación llamado SINTEC, cuyo objetivo principal es generar y aplicar conocimientos al desarrollo de proyectos orientados a solucionar problemas de la industria nacional y la sociedad en general, relacionados con los campos de nanotecnología y nanoelectrónica. [15]

La Universidad del Valle ha participado en la divulgación de la nanotecnología a través de su participación en el CENM, en el Instituto de Prospectiva Innovación y gestión del conocimiento, en donde se realizan eventos que tratan temas de prospectiva en nanotecnología; asimismo, en la Facultad de Ingeniería Química, con investigaciones en estudios de células de cáncer, pancreas artificial, materiales cerámicos e investigaciones en energía.

ESTADO DE LA FORMACIÓN EN LOS NIVELES DE EDUCACIÓN BÁSICA Y SUPERIOR

La nanotecnología en el nivel básico de enseñanza

A partir de la experiencia mencionada en la sección anterior, se ha empezado a ampliar el programa de difusión en nanociencia a nivel básico. El primer intento en esta dirección fue tal vez el "Taller para la enseñanza del paradigma de lo nano", realizado con el apoyo de la Secretaría de Educación Distrital y, principalmente, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas junto con la asesoría científica de la Universidad de Wisconsin. El taller estuvo dirigido a los profesores de enseñanza media de colegios distritales. Se produjo un video con el contenido de los talleres. Con el apoyo de personal científico que participó en el taller, se está diseñando, por parte de Buinaima, la Universidad Nacional y la Universidad de los Andes, una estrategia para desarrollar material didáctico en la nanoescala y continuar desarrollando este tipo de talleres.

Tecnoacademia-SENA. Desde el 2010, el SENA involucró la nanotecnología como formación básica dentro de su programa de Tecnoacademia, ofrecida por el Centro Industrial y Desarrollo Empresarial en Soacha, donde, adi-

cional a esta formación, se ofrecen conocimientos en ciencias, matemáticas, física, biotecnología y química, a los estudiantes que cursan los grados octavo y noveno. En la actualidad, asisten a la Tecnoacademia 560 aprendices, de los cuales 72 se forman en nanotecnología.

Con una inversión aproximada de 1,000 millones de pesos, el SENA conformó un laboratorio de alto nivel dotado de equipos con tecnologías de punta, como un nanoprofesor (equipo de nanolitografía con múltiples funciones), microscopio de fuerza atómica, microscopio de fluorescencia, microscopio de escaneo cromatógrafo, entre otros. Hasta el momento, los aprendices, quienes no sobrepasan los 16 años de edad, han desarrollado proyectos tan importantes como la creación de películas de dióxido de titanio con aplicaciones fotocatalíticas, utilizadas en la descontaminación de agua con colorantes. [16]

La nanotecnología en el nivel secundario de enseñanza

Entre las actividades realizadas por instituciones de educación secundaria e instituciones de educación Formación Profesional Integral se cuentan:

El Colegio Distrital Manuelita Sáenz, donde, con la colaboración del Servicio Nacional de Aprendizaje, se ofreció un curso introductorio en nanotecnología y sus aplicaciones de carácter divulgativo, despertando el interés sobre el tema en la comunidad docente.

El Colegio Gimnasio Moderno cuenta, dentro de sus actividades anuales, con la celebración de la Feria de la Ciencia, las Matemáticas y la Tecnología en el auditorio principal del Gimnasio Moderno, ahí tuvo lugar la conferencia “Nanotecnología: un sueño grande muy muy pequeño”, dirigida a niños y niñas curiosos sobre los temas de procesadores y otros elementos que extienden el poder del cerebro; se llevó a cabo del 22 al 25 de septiembre de 2008. Esta actividad se realiza cada año con nuevas temáticas. [17]

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), A través de sus diferentes centros de formación, realiza actividades encaminadas a la divulgación

de la ciencia; dentro de ellas están las Tecnoacademias, que combina la educación del bachillerato con conocimiento de avanzada. Allí los estudiantes realizan en horarios contrarios a su jornada académica, actividades teóricoprácticas para el desarrollo de competencias básicas en nanotecnología, biotecnología e ingenierías, entre otras.

TecnoParque-Colombia es un programa liderado por el SENA de acceso gratuito a todos los colombianos. Nace con el fin de apoyar la generación y consolidación de ideas productivas e innovadoras en nuestro país, facilitando el acceso a tecnología, información y conocimiento dentro de un ambiente que incentiva la capacidad creativa e innovadora, acogiendo y apoyando la consolidación de ideas e iniciativas en las áreas de: materiales, electrónica, biotecnología, tecnologías de información y comunicaciones y diseño, para transformarlas en productos y servicios que se conviertan en nuevas empresas, nuevos empleos y aporten a la inserción de Colombia en la economía del conocimiento.

La nanotecnología en el nivel superior

Dentro de las instituciones universitarias que cuentan con programas de formación en nanotecnología dentro de sus currícula se encuentran la Universidad de los Andes que cuenta con cursos que se han impartido con sentido formativo llamados CBU (Curso Básico Universitario) cuyo enfoque es la enseñanza de conceptos básicos en nanociencia y nanotecnología, además de cursos de posgrado para ingenieros eléctricos y mecánicos con énfasis en nanomateriales; asimismo, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas diseñó un curso virtual para ingenieros con conceptos básicos de nanotecnología a través de su proyecto Nanolearnproject.com.

CONCLUSIONES

En este informe recopilamos las iniciativas colombianas que más se han difundido en el país en el campo de la nanociencia y la nanotecnología con objetivos de divulgación y formación. Nos enfocamos en la región centro de la geogra-

fía, pues es allí donde más se han organizado eventos, creado nuevos cursos en las universidades e iniciado talleres de formación a nivel secundario. Como sin investigación no se puede ofrecer una buena docencia, describimos muy brevemente algunas acciones tendientes a desarrollar investigación en estas áreas. Otro aspecto que no quisimos pasar desapercibido es el de la continuidad de estos eventos; por esta razón, enfatizamos actividades que cuentan con un número plural de ediciones como es el caso del III Encuentro Colombiano de Micro y Nanotecnología, o que se componen de reuniones preparativas, de desarrollo, de seguimiento y de evaluación como el “Taller para la enseñanza del paradigma de la nano”, y, en general, las actividades de formación organizadas por Buinaima. Es de destacar el gran esfuerzo económico hecho por el SENA para dotar su laboratorio de nanotecnología para uso de sus aprendices.

Sin embargo, reconocemos que, hasta ahora, todas éstas y otras iniciativas que no mencionamos, no se han integrado dentro de un plan formal de apoyo estatal a la nanociencia y nanotecnología específicamente, y motivo por el cual se repiten y se pierden muchos esfuerzos y se desperdician dineros.

Como conclusión principal de este informe proponemos orientar los numerosos esfuerzos hechos por las instituciones de educación e investigación en un plan nacional para el desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología financiado y coordinado por Colciencias.

RECOMENDACIONES

Como recomendaciones importantes para sostener e incentivar el trabajo que hasta ahora se ha adelantado en este campo, proponemos, como tarea de la Red NANODYF, la colaboración para organizar foros de discusión, intercambio de profesores para cursos de divulgación y formación de maestros de secundaria, así como cursos de entrenamiento para profesores que sirvan de multiplicadores. También es necesaria la colaboración para desarrollar el material didáctico necesario que pueda utilizarse en los cursos de los diferentes niveles de formación.

REFERENCIAS

- [1] Documento Conpes 3672, Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación. En: <<http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/LinkClick.aspx?fileticket=wbvtM48Vmf%3d&tabid=1063>>.
- [2] Buinaima Asociación Colombiana pro enseñanza de la ciencia estatutos. En: <http://www.ethosbuinaima.org/userfiles/Estatutos11_03_15.pdf>.
- [3] *Revista Innovación y Ciencia*, vol. XV, núm. 2. En: <<http://acac.org.co/index.shtml?apc=e1b5—REVISTA%20INNOVACION%20Y%20CIENCIA&x=1181>>.
- [4] Funlaci. Quiénes somos objetivo estratégico (2011). En: <http://www.funlaci.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=25&Itemid=90>.
- [5] Centro de Excelencia de Nanomateriales. Qué somos (2005). En: <<http://www.cenm.org/sp/quienes-somos.htm>>.
- [6] Pérez, C y Vinck D. (2009). Redes socio-técnicas de co-gestión de conocimientos en nanotecnologías en Colombia: ¿entre la visibilidad internacional y la apropiación local? *Redes*, vol. 15, núm. 29, mayo: 113-137. En: <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/907/90717079006.pdf>>.
- [7] Redes Colombia. Tecnoparque Colombia. (2010) En: <<http://www.redescolombia.org/content/Conferencia-sobre-Nanomarcapasos-con-el-Dr.-Jorge-Reynolds-Pombo>>.
- [8] Informática jurídica.com. La nanotecnología y el derecho: análisis de un mundo infinitesimal. En: <http://www.informatica-juridica.com/trabajos/La_nanotecnologia_y_el_Derecho.asp>.
- [9] Pérez, C y Vinck D. (2009). Redes sociotécnicas de co-gestión de conocimientos en nanotecnologías en Colombia: ¿Entre la visibilidad internacional y la apropiación local? *Redes*, vol. 15, núm. 29, mayo: 113-137. <En: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/907/90717079006.pdf>>.

- [10] CELBIT Innovation Outsourcing. En: <http://celbit.x10.bz/blog/?page_id=2>.
- [11] Corporación Colombiana Digital. Las universidades u y la nanotecnología. (2009). En: <http://ccdboletin.net/index.php/%20http://%20http://daleclick.blogspot.com/2005/02/boletin/?option=com_content&view=article&id=1219&Itemid=246&fontstyle=f-smaller>.
- [12] Colnanotec Congreso Internacional de Nanotecnología Colombia 2009. En: <<http://colnanotec.wordpress.com/>>.
- [13] Nanolearnproject.com. Plataforma Nanotecnología Universidad Distrital Francisco José de Caldas. En: <<http://www.nanolearnproject.com/>>.
- [14] Formación Colombia. Blog Universia. Las Universidades y la Nanotecnología (2010). En: <<http://formacion-colombia.universiablogs.net/2010/01/18/las-universidades-y-la-nanotecnologia/>>.
- [15] Semillero de investigación en Nanotecnología. (2011) En: <<http://uacsintec.blogspot.com/>>.
- [16] Servicio Nacional de Aprendizaje. *Boletín de prensa*, núm. 7, Bogotá, 15 de junio de 2011. Nanotecnología al alcance de jóvenes y niños de Soacha, en Tecnoacademia del SENA. En: <<http://www.sena.edu.co/downloads/2011/boletines/6.Junio/Nanotecnolog%C3%ADa.pdf>>.
- [17] ACIS. Asociación Colombiana de ingenieros de Sistemas. Guía de eventos académicos.

Semana de las ciencias, la matemática y la tecnología. (2008). En <[http://www.acis.org.co/index.php?id=188&tx_mininews_pi1\[showUid\]=7993&cHash=eb6dd21f3e510875fe691212a3cab19f](http://www.acis.org.co/index.php?id=188&tx_mininews_pi1[showUid]=7993&cHash=eb6dd21f3e510875fe691212a3cab19f)>.

IMAGEN 1. Afiche: Curso Internacional “Dispositivos Nanobiosensores: Innovación y Aplicación” realizado 11,12 y 13 de mayo de 2010, en la Universidad Santo Tomás, Bogotá, con la participación del CISC – CINN España.



Fuente: <<http://ewh.ieee.org/sb/colombia/usta/Eventos.html>>.

IMAGEN 2. Afiche Seminario Internacional Nanociencia2010, realizado del 21 al 23 de octubre de 2010, en la Universidad del Norte de Barranquilla, Colombia.



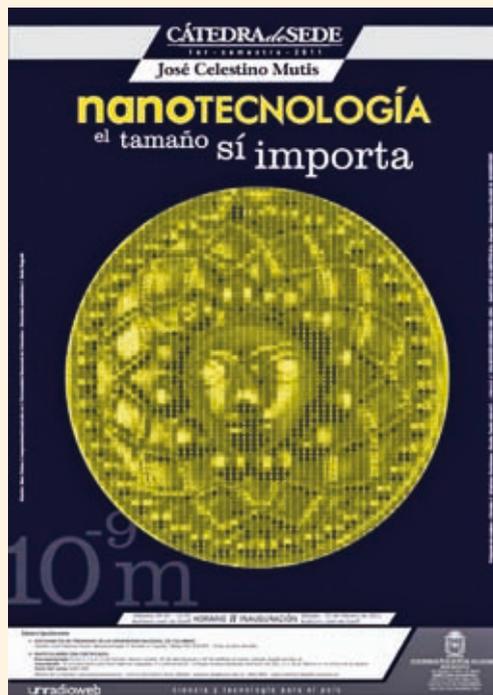
Fuente: <<http://www.accefyn.org.co/nanociencia2010/>>.

IMAGEN 3. Afiche: Colnanotec 2009. Congreso Internacional sobre Aplicaciones de la Nanotecnología en Colombia. Cursos y Conferencias. Realizado en agosto 13, 14 y 15, de 2009, en Bogotá.



Fuente: <<http://colnanotec.wordpress.com/2009/07/17/colnanotec-congreso-internacional-de-nanotecnologia-colombia-2009/>>.

IMAGEN 4. Afiche: Cátedra de sede. José Celestino Mutis. Nanotecnología el tamaño sí importa. Realizada en la Universidad Nacional de Colombia.



Fuente: <<http://www.catedras-bogota.unal.edu.co/mutis/2011-1/index.htm>>.