

Nanotecnologías en Cuba: divulgación y formación

CARLOS RODRÍGUEZ CASTELLANOS*

En Cuba, como en otros países, las actividades en el campo de las nanotecnologías emergieron del desarrollo convergente de las investigaciones en física y química de materiales, microelectrónica, química supramolecular, microbiología y biología molecular.

Durante los años noventa del siglo XX, cobraron fuerza los trabajos teóricos y experimentales sobre nanoestructuras semiconductoras. Por iniciativa de los físicos cubanos se organizó la Red CYTED "Estudio, fabricación y caracterización de nanoestructuras semiconductoras para la micro y la optoelectrónica" que funcionó entre 1998 y 2003 con la participación de ocho países iberoamericanos. La red organizó varios cursos y reuniones científicas, editó un libro y apoyó la colaboración científica entre las instituciones participantes.

A lo largo de estas dos décadas, la investigación y la formación de doctores se extendieron a la nanobiología, el nanomagnetismo, los nanocoloides y otros sistemas dispersos, los polímeros nanoestructurados, la nanoencapsulación de fármacos y biomoléculas, los materiales nanoporosos, las nanoestructuras de carbono, las celdas fotovoltaicas nanoestructuradas, la estructura de nanocristales, la síntesis y funcionalización de nanopartículas metálicas, semiconductoras y magnéticas para aplicaciones médicas, la nanotoxicología, los nanosensores, los nems, la simulación y modelación computacional en la nanoescala, la fabricación de sistemas para la obtención de nanocapas y de instrumentos de resolución nanométrica, entre otros temas.

Las capacidades experimentales de las instituciones cubanas en este campo son muy modes-

tas, por lo cual las investigaciones mencionadas se han apoyado fuertemente en la colaboración científica internacional. Esto ha permitido publicar cientos de trabajos en revistas de alto impacto y formar más de treinta doctores en diversas especialidades. En el año 2009, la *Revista Cubana de Física* dedicó un número con un editorial y 15 artículos a reseñar parte de las investigaciones sobre nanociencias y nanotecnologías que se desarrollan en Cuba (<<http://www.fisica.uh.cu/biblioteca/revcubfi/2009/vol.26-No.1/index.htm>>).

También han visto la luz algunos trabajos sobre problemas económicos y sociales asociados al desarrollo de las nanotecnologías en el contexto cubano [1-4]. Especialistas cubanos participan en la "Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad" y en la Red CYTED de Divulgación y Formación en Nanotecnologías.

Aunque no existe propiamente un programa nacional de investigaciones en nanotecnologías, se han venido financiando proyectos de investigación afines en el marco de otros programas nacionales. Para apoyar los trabajos en ésta y otras áreas relacionadas, el Ministerio de Educación Superior ha financiado la creación del laboratorio analítico LUCES por un monto cercano al millón de USD. En el año 2008, se anunció, por el Consejo de Estado, la creación del Centro de Estudios Avanzados de Cuba (CEAC) institución multidisciplinaria enfocada principalmente hacia la nanobiotecnología y la nanomedicina. La primera fase de esta inversión está prácticamente concluida. En el marco de este proyecto se realiza una intensa labor de entrenamiento y formación posgraduada de jóvenes científicos cubanos en universidades europeas.

* Universidad de La Habana. Facultad de Física e Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales. <crc@fisica.uh.cu>. Miembro de la Red NANODYF.

Se desarrollan regularmente eventos científicos y cursos internacionales relacionados con las nanociencias y las nanotecnologías, los cuales comenzaron en 2001 con un evento internacional sobre nanoelectrónica organizado por el Centro de Investigaciones en Microelectrónica (CIME) del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echevarría” (ISPJAE), y continuaron con las escuelas de verano, que desde entonces organiza cada año el Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales (IMRE) de la Universidad de La Habana (UH). Se destaca, además, el Taller Internacional de Nanomagnetismo (2004), el XVII Simposio Latinoamericano de Física del Estado Sólido (2004), la conferencia “La Ciencia de Materiales en la era Nano” (2009) y tres seminarios internacionales de nanociencias y nanotecnologías (2006, 2008, 2010). Se han organizado encuentros binacionales con representantes de México (2003, 2009), el Reino Unido (2004), Brasil (2007, 2010), Sudáfrica (2010) y una reunión de la Red de Macrouiversidades de América Latina (2006). Entre los visitantes distinguidos recibidos en estos eventos durante la década se destacan los premios Nobel: Zhores Ivanovich Alférov (2007 y 2010) y Robert Curl (2009), así como el inventor del AFM, Christopher Geber (2009).

DIVULGACIÓN

A partir de 2001 se incrementó en el país la divulgación y popularización de las nanociencias y las nanotecnologías para diversos públicos.

Por una parte, se destaca la labor dirigida a informar al gobierno y otros decisores sobre el contenido y posibles consecuencias del desarrollo de las nanotecnologías. Ésta comenzó en 2002, cuando el Observatorio de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) organizó un equipo de especialistas que preparó el documento “Elementos iniciales para el análisis de la nanotecnología en Cuba” dirigido al gobierno y a los directores de varias instituciones científicas. Un segundo proyecto de prospectiva sobre “Nanomateriales” se ejecutó entre 2005 y 2006 en el marco del Programa Nacional de Ciencia e Inno-

vación Tecnológica “Nuevos Materiales y Materiales de Avanzada”.

Entre los años 2005 y 2007 un grupo de expertos convocados por la oficina del asesor científico del Consejo de Estado elaboró un estudio y una propuesta de la cual derivó la decisión de crear el CEAC mencionado anteriormente. También, la Academia de Ciencias de Cuba convocó a un grupo de expertos que propusieron modificaciones al código de ética de los trabajadores de la ciencia en Cuba de modo que éste incluyese algunos nuevos problemas planteados por el desarrollo de las nanotecnologías.

Por otra parte, se ha trabajado al interior de la comunidad científica para identificar intereses comunes y promover la colaboración interdisciplinaria en este campo.

En el año 2001, por iniciativa del Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC) y el IMRE, se realizó el taller nacional “Las Nanotecnologías en la Biotecnología y la Industria Médico – Farmacéutica” con la participación de varios centros de ese sector.

En el año 2002, se creó la Red de Nanotecnologías del Ministerio de Educación Superior, integrada por 12 instituciones, con el objetivo de “impulsar la cooperación científica nacional e internacional en nanociencias y nanotecnologías”. La red ha organizado varios encuentros nacionales y ha coordinado la participación de especialistas cubanos en reuniones Cuba–México (2003, 2009), Cuba–Reino Unido (2004), Cuba–Brasil (2007) y de la Red de Macrouiversidades de América Latina (2006). En el año 2009, la Universidad de la Habana creó un Colegio de Nanotecnologías, que agrupa a especialistas de las ciencias naturales, económicas y sociales.

Para públicos más amplios, se han desarrollado numerosas iniciativas que incluyen conferencias en escuelas y otras instituciones, artículos de prensa, teleclases y otras. Tanto la prensa plana como la radio y la TV le han brindado cobertura a los eventos científicos relacionados con las nanotecnologías que han tenido lugar en el país. Muchos periodistas cubanos manifiestan interés por ampliar la divulgación de las nanociencias y las nanotecnologías. Algunos órganos de prensa, como la revista *Juventud Técnica* muestran es-

pecial vocación por el tema. En periódicos y revistas ha sido publicada una decena de artículos ilustrados sobre las nanotecnologías, que enfatizan las aplicaciones prácticas y los posibles beneficios de los “nanoproductos”. Sin embargo, la TV cubana no ha podido disponer de documentales o materiales filmicos de suficiente calidad para realizar una divulgación más atractiva, que transmita al público, especialmente a los jóvenes, la fantasía de la manipulación de los átomos, las posibilidades tecnológicas que ofrece y la maravilla del comportamiento de la materia en la nanoescala.

FORMACIÓN

La mayor parte de las actividades de formación desarrolladas se concentran en el posgrado y en los años terminales de algunas carreras de ciencias e ingeniería. Aunque no existe en las universidades cubanas un programa de posgrado dedicado específicamente a las nanotecnologías, se han defendido en el país más de treinta tesis de doctorado, así como un número indeterminado de tesis de maestría, licenciatura o ingeniería en temas de física, química, biología, ciencia de materiales y electrónica directamente relacionados con las nanotecnologías. Como parte del proyecto de creación del CEAC, se lleva a cabo un programa de entrenamiento y formación en laboratorios europeos de un grupo de jóvenes graduados de carreras de ciencias e ingeniería.

Aunque los programas de física, química y biología que se imparten en la escuela secundaria cubana incluyen los contenidos básicos necesarios para ilustrar algunos fenómenos característicos de la nanoescala y sus aplicaciones, no hay mención explícita de estos tópicos en esos cursos. Con mayor razón, no se incluyen contenidos relacionados con las nanociencias y nanotecnologías en la escuela primaria. Probablemente estén faltando materiales didácticos que contengan ejemplos ilustrativos, problemas sencillos, experimentos filmados o simulaciones, así como la capacitación correspondiente a los maestros y profesores para apoyar su trabajo.

Lo anterior es extensible a los cursos básicos de las universidades, aunque hay excepciones.

Desde hace varios años, especialistas del ISP-JAE vienen introduciendo de forma sistemática conocimientos actualizados de “Nanoelectrónica” en los programas de la disciplina electrónica que se imparte en las carreras de ingeniería en las universidades cubanas. El programa televisivo “Universidad para Todos” ha retransmitido en varias ocasiones dos clases sobre nanociencias y nanotecnologías como parte de un curso de nuevas tecnologías. También se impartió una teleclase sobre “El desarrollo de las nanotecnologías en Cuba”. Sin embargo, estos cursos podrían ampliarse y modernizarse apreciablemente, especialmente si se contase con materiales audiovisuales de alta calidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha propuesto convocar a un concurso de elaboración de materiales didácticos y de divulgación para su uso en los niveles primario y secundario, así como en los cursos básicos de nivel universitario. La propuesta se encuentra en fase de implementación.

En el sitio web del IMRE se puso en funcionamiento un repositorio de nanotecnologías <<http://nanorepo.imre.oc.uh.cu/>>, con artículos y libros de interés general en este campo. Actualmente, se prepara un libro para estudiantes universitarios cubanos de una amplia gama de especialidades, que cubrirá contenidos relacionados con las bases científicas, las aplicaciones tecnológicas y las implicaciones sociales de las nanotecnologías.

CONCLUSIONES

En las condiciones de un país pequeño, subdesarrollado y bloqueado como Cuba, se realizan modestos esfuerzos por desarrollar las capacidades para aprovechar las oportunidades que plantean las nanotecnologías, teniendo en cuenta especialmente las fortalezas existentes en la formación de recursos humanos de alto nivel en ciencias básicas y el desarrollo alcanzado por la biotecnología y la industria medicofarmacéutica, importante sector de alta tecnología en la economía cubana.

En este esfuerzo, la formación y divulgación, dirigida a todos los sectores de la sociedad, pero

muy especialmente a los jóvenes, juega un papel central, porque la principal fortaleza siempre será la preparación y motivación del factor humano.

Tanto en el sistema de educación, como en los medios de comunicación existe un gran potencial para incrementar la formación y divulgación en nanociencias y nanotecnologías, pero se necesita disponer de una mayor cantidad de materiales de calidad que se puedan poner en manos de maestros, profesores y comunicadores.

La formación y divulgación en nanotecnologías no debe estar dirigida exclusivamente a deslumbrarnos con los nuevos “nanoproductos” y exaltar su utilidad práctica, sino también a estimular la fantasía y la creatividad de los jóvenes presentándoles las maravillas del nanomundo y las nuevas posibilidades de fabricación y modificación de la materia que les ofrecen las nanotecnologías. Al mismo tiempo, deben considerarse los aspectos económicos, sociales y ambientales relacionados con el desarrollo de las nanotecnologías, incluyendo los riesgos o peligros que plantea.

Al igual que la investigación, las actividades de formación y divulgación requieren, junto con los esfuerzos nacionales, de una amplia y creciente participación en la colaboración internacional, que permita potenciar los limitados recursos disponibles y acceder a medios con los que el país no cuenta, al tiempo que se pongan a disposición de otros los modestos logros que se alcancen.

RECOMENDACIONES

Estimular la producción, el intercambio y la difusión de materiales didácticos o de divulgación de alta calidad sobre nanociencias y nanotecnologías que puedan ser puestos a la disposición de maestros, profesores y comunicadores.

REFERENCIAS

- [1] Rodríguez Castellanos, C. (2009). *Nanoamezanas y nanoportunidades. Universidad 2010*. ISBN 978-959-16-1137-6, 2009. <<http://revistas.mes.edu.cu/elibro>>.
- [2] Estévez Rams, E. y Aragón Fernández, B. (2010a). “Deshojando margaritas: ¿nanociencia o nanotecnología?”. *Revista Universidad de la Habana*, núm. 2718:33, 2010.
- [3] Estévez Rams, E. y Aragón Fernández, B. (2010b). “La fábula de los tres hermanos: las nanociencias y las nanotecnologías en el contexto cubano”. *Revista Temas*, núm. 61. <<http://www.temas.cult.cu/>>.
- [4] Castro Díaz-Balart F. (2011). “La nanotecnología y el desarrollo. Oportunidades e incertidumbres”. *Anales de la Academia de Ciencias*, vol. 1. <[No.1http://www.revistacuba.cu/](http://www.revistacuba.cu/)>.

IMAGEN 1. Microscopio de efecto túnel fabricado en el IMRE con la colaboración del Centro de Nanociencias y Nanotecnologías de Ensenada, México. Imagen de resolución atómica de una superficie de grafito tomada con el mismo (ampliamente divulgada en Cuba).



IMAGEN 2 El doctor Robert F. Curl, Premio Nobel de Química en 1996, durante su visita al Instituto Preuniversitario Vocacional de Ciencias Exactas (IPVCE) “Vladimir I. Lenin”, ubicado en la periferia de La Habana, Cuba, el 26 de noviembre de 2009.



IMAGEN 3. Algunos artículos sobre nanotecnologías publicados en diarios cubanos.

