

Divulgación y formación en nanotecnología en México

NOBORU TAKEUCHI*
MIGUEL E. MORA RAMOS**

La manipulación de la materia a escala nanométrica ya comienza a dar frutos en aplicaciones que tienen el potencial de impactar prácticamente todos los aspectos de nuestras vidas. Es por eso que en muchos países se tienen políticas y estrategias que buscan fomentarlas. En particular, se han lanzado iniciativas nacionales de nanotecnología para coordinar y fomentar a nivel gubernamental la investigación y el desarrollo de la nanotecnología. En México no existe una iniciativa de esta clase. Es posible constatar la existencia de inversión en la infraestructura de investigación de alta calidad pero contrasta con la ausencia de una política clara por parte del gobierno y de un programa coherente que articule la actividad en esta rama desde la realización de investigación básica hasta la obtención de patentes y la articulación con la industria,

Sin embargo, esto no significa que no se haga investigación en el campo. En un gran número de universidades y centros de investigación se trabaja en temas relacionados con la nanotecnología, con diversas calidades y grupos de investigación que trabajan investigaciones de primera línea [1]. Muchos de los grupos de investigación poseen equipamiento de primer nivel y recursos adecuados para el desarrollo de infraestructura para la investigación. Existe un número creciente de estudiantes, pero los técnicos capacitados para el manejo de equipos de alta tecnología son escasos. Mucha de la investigación realizada en estos centros es en ciencias básicas, y la mayoría de los sistemas de educación superior aún mantienen características de disciplina única.

Existen niveles muy reducidos de registro de inventos producto de la nanotecnología así como de solicitud de patentes asociadas.

Hacia finales del año 2006, el Conacyt lanzó una convocatoria para la creación de laboratorios nacionales, apoyando dos propuestas en el área de la nanotecnología. En la primera se respaldó al Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), localizado en la ciudad de Chihuahua, para la creación del Laboratorio Nacional de Nanotecnología (NaNoTeCH). El segundo proyecto aprobado benefició al Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica en San Luis Potosí para la creación del Laboratorio Nacional de Investigaciones en Nanociencias y Nanotecnología (LINAN). También, a finales del 2006, el Conacyt lanzó una convocatoria para la elaboración de megaproyectos en áreas estratégicas para el país. En el área de nanociencia y nanotecnología, se apoyó a 5 instituciones con \$100 mil pesos para la elaboración de una propuesta. Estos 5 proyectos se fusionaron para formar en el 2010 la Red Nacional de Nanociencia y Nanotecnología. Uno de los objetivos principales de la red es identificar e integrar a todos los grupos de investigación en las áreas de nanociencias, nanotecnología y nanomateriales.

Una gran parte de la investigación científica que se realiza en México se hace en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por tal motivo sorprende que también sea la institución mexicana que realiza el mayor número de investigaciones y publique más artículos en NyN en el país. La UNAM cuenta con un gran nú-

* Centro de Nanociencias y Nanotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Red "José Roberto Leite" de Divulgación y Formación en Nanotecnología. <takeuchi@cnyn.unam.mx>.

** Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México. Red "José Roberto Leite" de Divulgación y Formación en Nanotecnología.

mero de centros, institutos y facultades donde se realiza investigación en NyN, y, en marzo de 2008, se inauguró el Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México en Ensenada, Baja California (imagen 1). Otras universidades e instituciones de investigación han creado centros especializados en nanotecnología, algunos de ellos son: Centro de Nanociencia y Micro-Nanotecnología del Instituto Politécnico Nacional, el Laboratorio de Nanotecnología e Ingeniería Molecular de la Universidad Autónoma Metropolitana, el Laboratorio de Nanotecnología, Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía "MVS", México, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Laboratorio Nacional de Nanoelectrónica del INAOE.

Es difícil cuantificar el dinero que se invierte en investigación en nanotecnología en México. Según el informe elaborado por la Secretaría de Economía-CIMAV [2], entre los años 1998 y 2004 el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) apoyó 152 proyectos de investigación relacionados con la nanociencia y la nanotecnología, que involucran a 58 instituciones, otorgándoles un presupuesto aproximado de 14.4 millones de dólares, a partir de la asignación de recursos a los proyectos individuales de ciencia básica (incluyendo a la UNAM) por parte del Conacyt. Como ejemplo, en el año 2010 se asignaron para esta clase de investigaciones un aproximado de 66 millones de pesos mexicanos. Asumiendo que en los últimos cinco años se haya destinado un promedio de 60 millones de pesos anuales tendríamos un total de 300 millones de

pesos, o unos 30 millones de dólares. Se pueden añadir algunas cantidades que se conoce han sido invertidas en la construcción de facilidades de investigación en el área, por ejemplo, en el año 2009, se inauguró el Centro de Nanociencia y Nanotecnología del Instituto Politécnico Nacional y se reporta que la inversión ascendió a 200 millones de pesos o 17 millones de dólares. Si se plantea el apoyo gubernamental a iniciativas parecidas en cuanto al equipamiento de otras instituciones, se podría inferir, en forma optimista, un total de 60 millones de dólares para el último quinquenio considerado.

SITUACIÓN DE LA DIVULGACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA

En el 2008, se formó el consorcio académico denominado nanoUNAM, el cual es una iniciativa del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, del Centro de Nanociencias y Nanotecnología, del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico y del Programa Universitario de Nanotecnología Ambiental; todos de la Universidad Nacional Autónoma de México. En 2009, se integraron: el Instituto de Física, el Instituto de Investigaciones en Materiales, el Instituto de Biomédicas, el Instituto de Ciencias Físicas, el Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, el Instituto de Investigaciones Sociales, el Instituto de Investigaciones Filosóficas y la Facultad de Derecho.

NanoUNAM es responsable de la edición de *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, la cual es una publicación universitaria de divulgación con el propósito de dar a conocer trabajos de colegas de las ciencias exactas, naturales, sociales y de las humanidades, y se publica semestralmente.

NanoUNAM es también responsable de la organización de los Encuentros Internacionales e Interdisciplinarios en Nanociencias y Nanotecnología – NanoMex, celebrados el 2008 en el Distrito Federal, el 2009 en Ensenada, y el 2010 en Cuernavaca.

Otros congresos especializados en NyN son los Nanotech, coorganizados por el Centro en In-

IMAGEN 1. Instalaciones del Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, en Ensenada, Baja California.



investigaciones Ópticas, y los NanoMonterrey organizados por el CIMAV.

Libros relacionados con NyN y publicados en México son: *Diagnóstico y prospectiva de la nanotecnología en México*, por el CIMAV; *Guerra por lo invisible*, de Gian Carlo Delgado Ramos; *Nanociencia y nanotecnología* de Noboru Takeuchi (imagen 2); *Abecedario de la nanoenciclopedia*, de Boris Idulsovich Kharisov y Oxana V. Kharissova, y *Nanociencia y nanotecnología: panorama actual en México*, coordinado por Noboru Takeuchi.

En lo que respecta a la divulgación de NyN para niños se tiene el programa Ciencia Pumita. El objetivo principal es acercar a los niños a temas de ciencia y tecnología, particularmente a la nanociencia y la nanotecnología. En la organización y atención de actividades participan académicos, estudiantes del CNYN-UNAM, colaboradores de otras instituciones y externos. Actualmente, se visitan escuelas primarias y se les imparte una charla de divulgación sobre temas de ciencia. También se extiende la invitación a algunos grupos escolares a visitar las instalaciones del Centro, donde los niños y maestros tienen la oportunidad de ver los modernos equipos que están en los laboratorios, y así aprender directamente de los investigadores sobre su funcionamiento y las investigaciones que se hacen con ellos. Además, se están elaborando páginas de internet, videos y una colección de libros con temas sobre ciencia dirigidos a un público infantil. Asimismo, se cuenta con una colección de libros

IMAGEN 2. Portada y contraportada del libro *Nanociencia y nanotecnología*, de Noboru Takeuchi.



IMAGEN 3. Portada y contraportada del libro *El pequeño e increíble nanomundo*, de Noboru Takeuchi y Marisol Romo.



denominada “Ciencia Pumita” con temas relacionados a las ciencias afines a la NyN tales como la física, la química y la biología. Los primeros libros publicados fueron *Hugo y las leyes de movimiento*, publicado en coedición UNAM/Editorial Resistencia, y *El pequeño e increíble Nanomundo* producto de una coedición de la UNAM y Editorial Resistencia, en la que también participan el Círculo Editorial Azteca de Fundación Azteca y el consorcio académico NanoUNAM. En este libro se enseña a los niños sobre la nanociencia y la nanotecnología (imagen 3).

En ambientes extrauniversitarios, es altamente escasa la labor de comunicación y de divulgación relacionada con estas áreas de la ciencia. Resulta significativo, por ejemplo, que la revista electrónica latinoamericana especializada en comunicación *Ciencia y Palabra* haya dedicado un número entero a la nanotecnología en 2009, abarcando disímiles aspectos y muy notoriamente algunas ideas relacionadas con su impacto social. En su gran mayoría, los contribuyentes a ese número son autores mexicanos o residentes en México. Esto, a pesar de ser todavía un hecho aislado, representa una demostración de la cada vez mayor incidencia de la nanociencia y la nanotecnología en el pensamiento actual, más allá de lo que prometen desde el punto de vista de su trascendencia económica.

ESTADO DE LA FORMACIÓN EN LOS TRES NIVELES DE ENSEÑANZA

En México todavía no se incluyen temas y conceptos de nanociencia y nanotecnología en los

cursos de enseñanza básica (primaria y secundaria). Tampoco existen programas que de manera aunque sea parcial incorporen elementos de estas áreas en los centros de enseñanza tecnológica, con la consecuente carencia de una adecuada cartera de técnicos de laboratorio que pudiesen contar al menos con fundamentos teóricos de las principales técnicas analíticas y la instrumentación necesarias para el trabajo en la nanoinvestigación.

La componente principal de la formación en nanociencia y nanotecnología en el nivel universitario ha sido hasta hace muy poco la actividad de estudios de posgrado desarrollada por aspirantes a grados de maestría y doctorado insertados en los programas de los centros de investigación mencionados al inicio de este documento. Sin embargo, en estos momentos ya se cuenta con varios programas universitarios de nivel pregrado completamente dedicados a la NyN [3].

La primera universidad que ofreció un programa universitario en el tema de nanotecnología en México fue la Universidad de las Américas, Puebla (UDLAP), la cual a partir del 2006, ofrece la licenciatura en nanotecnología e ingeniería molecular. Esta licenciatura se cursa en nueve semestres y se enfoca principalmente a la ingeniería molecular y a la microelectrónica.

En la Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo, en septiembre del 2007, se abrió la carrera de ingeniería en nanotecnología, para completarse en ocho semestres. Sus temas de investigación son del área de energía (celdas solares de películas delgadas, producción de hidrógeno, almacenamiento de H₂, baterías modernas, celdas de combustible y supercapacitores).

En el estado de Baja California, el Instituto Tecnológico de Tijuana (ITT) abrió, en el 2007, una ingeniería en nanotecnología, la cual se cursa en nueve semestres. Esta licenciatura se enfoca primordialmente en el área de química y cuenta con el apoyo del Centro de Graduados e Investigación en Química del ITT.

En Ensenada, la Universidad Autónoma de Baja California, en Baja California, ofrece una ingeniería en nanotecnología, la cual se cursa en

ocho semestres. A partir del 2011, se inicia una licenciatura en nanotecnología en el Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la UNAM, en Ensenada.

A nivel posgrado hay algunas universidades con programas específicos en nanociencia y nanotecnología, como el CINVESTAV, en el Distrito Federal. Sin embargo, como ya se ha mencionado, en muchos de los programas de posgrado en temas como física, química y biología se realizan tesis de maestría y doctorado con temas enmarcados dentro de la nanotecnología.

CONCLUSIONES

La nanotecnología transformará la ciencia, la tecnología y la sociedad en forma esencial.

En un lapso de entre 10 y 20 años, una parte significativa de la producción industrial, la atención médica y la interacción con el medio ambiente cambiarán debido a la utilización de las nuevas tecnologías. Serán afectadas ramas de la vida humana en el planeta como son el desarrollo de la economía, las oportunidades de trabajo y empleo, el desarrollo sustentable y cuidado y preservación del medio ambiente, entre otros. Para poder estar preparados para los cambios y poder asimilar, implementar y utilizar los beneficios de las nuevas tecnologías que se desarrollarán, toda la comunidad de científicos y tecnólogos deben incluir a todos sus miembros y a los miembros de la sociedad en el estudio de las manifestaciones futuras de los cambios que vendrán y en la definición de los objetivos sociales a lograr. También habrá que estar atentos a los efectos inesperados e implicaciones éticas de los mismos con vistas a poder hacer las correcciones necesarias en marcha. La nanotecnología podrá ayudar a resolver los urgentes problemas que tenemos en el mundo, como son la utilización de fuentes de energía renovables y alternativas, los cambios climáticos que se aproximan, la utilización de agua potable, el desarrollo de la agricultura y la creación de modos de desarrollo sustentables [4]. Esto resume muy bien la importancia de elaborar una estrategia de divulgación orientada no solamente a la atracción de los jóvenes estudiantes hacia la formación en áreas del

conocimiento que tendrán un papel preponderante en la economía y la sociedad de las próximas décadas sino que facilite el acercamiento del conjunto de todos los sectores sociales a la información que les familiarice con elementos que aunque ahora pertenezcan solamente al ámbito de los laboratorios de investigación, en pocos años puedan formar parte o repercutir de manera notable en el quehacer cotidiano de la humanidad.

México tiene grupos muy importantes trabajando en NyN en sus principales universidades y centros de investigación. El trabajo realizado es de muy alta calidad y los resultados de estos estudios son publicados en las mejores revistas del mundo. Sin embargo, el presupuesto asignado a la investigación en nanociencia y nanotecnología es muy pequeño comparado no solamente con el de países desarrollados, sino también con respecto a países de nuestra región, donde Brasil ya está tomando la delantera. No sólo es necesario un mayor apoyo financiero del gobierno, sino también que entienda la importancia de la NyN y lance una iniciativa nacional como ha ocurrido en muchos países. Es fundamental que el financiamiento que se otorgue a los proyectos sea a largo plazo. También es importante construir un puente entre la academia y la industria para que la investigación científica se transforme en productos que la industria nacional pueda comercializar. Por último, es imprescindible que la población conozca la importancia y el potencial que este nuevo campo de la ciencia ofrece, que se enteren de que en el país existe un grupo de investigadores, el cual, aunque pequeño, está dando todo su esfuerzo para que la nanociencia y la nanotecnología se desarrollen. Allí es primordial el aspecto de la difusión.

RECOMENDACIONES

A tono con la necesidad que un país como México tiene de impulsar su independencia tecnológica, la implementación de una estrategia de divulgación y formación en nanociencia y nanotecnología es, sin temor a exagerar, un imperativo del momento. En este sentido, podemos sugerir el establecimiento de apoyos financieros especiales

a las instituciones de educación superior que determinen desarrollar programas de pregrado relacionados directamente con NyN. Por ejemplo, una vez establecida la viabilidad de los proyectos se podría destinar partidas presupuestales específicas para instalaciones y equipamiento que soporten el desarrollo de cada programa y la contratación de la fuerza calificada que estaría a cargo de la docencia y la investigación dentro de los mismos. Entre distintas alternativas se podría organizar un concurso anual que premie los tres primeros proyectos, garantizando el inicio de la realización de los mismos en un plazo no superior al año después de ser establecidos los correspondientes convenios. Este concurso deberá repetirse las veces que se considere necesario hasta conformar una red nacional de carreras universitarias directamente asociadas a NyN.

Al mismo tiempo, las instituciones encargadas de diseñar el esquema nacional de educación a nivel primario y medio deben proyectar la interacción con las instituciones e individuos vinculados a la investigación y desarrollo en NyN de forma que se regularice el suministro a los estudiantes de estos niveles de información actualizada, con propósitos motivacionales en estas áreas, a través de exposiciones, conferencias, materiales audiovisuales, programas de radio y televisión, visitas dirigidas, entre otras muchas.

Sería altamente deseable aprovechar la oportunidad de trabajar en conjunto con los colegas de Iberoamérica en el marco de la Red "José Roberto Leite" de Divulgación y Formación en Nanotecnología para, entre todos, generar un conjunto de propuestas de aplicación común a todos los países participantes que puedan servir como base para los respectivos documentos nacionales en caso de que éstos aún no se hayan elaborado, o bien como complemento a los ya existentes.

REFERENCIAS

- [1] Cocolletzi, G. H., Vázquez-Nava, R.A., y Takeuchi, N. (2011). "Nanomateriales en las instituciones de educación superior y de investigación en México". *Mundo Nano*, vol. 3, núm. 2: 22.

- [2] “Diagnóstico y Propectiva de la Nanotecnología en México”, Secretaría de Economía, Ciudad de México, 2009.
- [3] Viana L. (2011). “La enseñanza de la nanotecnología en México”. En Noboru Takeuchi (ed.), *Nanociencia y nanotecnología. Panorama actual en México* Colección Aprender a Aprender, CEIICH, UNAM, México.
- [4] Hernández Rodríguez, A. (2009). “Breve estudio de las implicaciones sociales de la nanociencia y la nanotecnología”. *Razón y Palabra*, núm. 68.