

## Formación y divulgación de la nanotecnología en Venezuela: situación y perspectiva

ANWAR HASMY\*

En Venezuela, la investigación en nanociencia y nanotecnología empieza a evidenciarse a inicios de los años noventa del siglo XX cuando aparecen las primeras publicaciones científicas relacionadas con esta área del conocimiento. Simultáneamente, por la misma época, la industria petrolera venezolana, PDVSA, incluye en sus actividades experiencias que requieren la implementación de técnicas propias de la nanotecnología, las cuales buscan caracterizar y estudiar las propiedades de materiales nanoestructurados de interés a los procesos catalíticos heterogéneos en la refinación de hidrocarburos. Entre otros equipamientos, esta empresa adquirió el primer microscopio de efecto túnel del país.

Según análisis bibliométrico realizado con las bases de datos del *Science Citation Index* y realizado por López *et al.* (2011), en el periodo 1990-1999, se publicaron en Venezuela 144 artículos en nanociencia y nanotecnología. Por otra parte, varios simposios y escuelas organizadas en el marco de los primeros congresos venezolanos de química y física, y simposios organizados por la Sociedad Venezolana de Microscopía Electrónica, la Sociedad Venezolana de Catálisis, entre otras iniciativas. Todas estas actividades fueron impulsadas por profesionales egresados de los distintos programas de estudios universitarios a nivel de pregrado en ciencias físicas, químicas, biológicas y varias ramas de la ingeniería, de la Universidad Central de Venezuela, la Universidad Simón Bolívar, el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), la Universidad del Zulia (LUZ), la Universidad de Oriente (UDO), entre otras instituciones venezolanas.

Del mismo modo, muchos de estos profesionales tuvieron la oportunidad de realizar estudios de posgrado tanto en el país como en el exterior.

En relación con el financiamiento de las actividades en nanociencia y nanotecnología durante el periodo 1990-1999, cabe destacar la firma del primer acuerdo entre el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el CONICIT (actual FONACIT). Este acuerdo incluía como prioridad importantes cifras de financiamiento para investigaciones en áreas de transversal interés a la nanotecnología, como lo son la biotecnología, la química fina, la informática, la electrónica, telecomunicaciones y nuevos materiales. Asimismo, el acuerdo incorporaba un programa de beca para estudios de posgrado en el exterior, el cual tenía como fin formar profesionales en el área de nuevos materiales. El primer contingente de egresados de este programa comenzó a regresar a Venezuela a partir del año 1996, lo cual permitió consolidar las capacidades humanas en el país en nuevas tecnologías. Igualmente, muchos de estos proyectos fueron fortalecidos por convocatorias de financiamiento del CONICIT, hoy FONACIT, a través del Programa S1, de Apoyo de Grupo, entre otros, destinados a promover la investigación científica en Venezuela. Igualmente, en ese momento se comenzó a dar importancia a la divulgación y socialización de los conocimientos científicos. Todo estos programas permitieron potenciar no sólo las capacidades humanas, sino también la infraestructura física de laboratorios del país con técnicas de punta en microscopía electrónica de barrido y de transmisión, y equipos para la difracción de rayos X, resonancia

\* Departamento de Física de la Universidad Simón Bolívar. Valle de Sartenejas, Edo. Miranda, Venezuela. <anwarhasmy@hotmail.com>. Miembro de la Red NANODYF.

magnética nuclear y otros aparatos de gran utilidad al área de nanotecnología.

En el año 1999, la nueva constitución venezolana da rango constitucional a la ciencia y la tecnología, y dos años más tarde fue aprobada la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI), la cual tuvo como fin dar cumplimiento a lo establecido sobre ciencia y tecnología en la nueva constitución, obligando a las empresas más productivas del país a destinar fondos a las actividades de ciencia y tecnología. Este hecho estableció nuevas relaciones entre los actores del sistema científico y tecnológico, constituyendo una variable insoslayable para el estudio de las trayectorias científicas presentes y futuras de la comunidad de nanociencia y nanotecnología venezolana.

## SITUACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA EN VENEZUELA

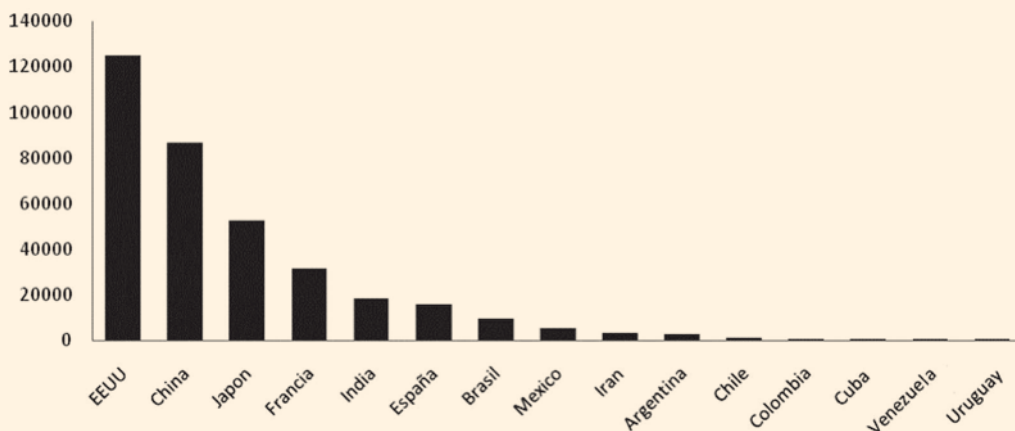
El estado de la nanotecnología en Venezuela ha sido evaluado en distintos trabajos realizados en el ámbito académico nacional. Entre estos documentos destaca un estudio sobre la convergencia tecnológica en la nanoescala (Goncalves, 2006; Vessuri, 2007), y otros sobre las actividades de

investigación de nanomateriales en Venezuela (De la Vega *et al.*, 2007; FII, 2008).

Sobre la producción de conocimientos en nanociencia y nanotecnología, en el periodo 2000-2009 en Venezuela se produjeron 476 artículos, lo cual representó un crecimiento del 230 % con respecto a la década anterior (López *et al.*, 2011). Sin embargo, este crecimiento no resultó suficiente para obtener un mejor posicionamiento con respecto a los otros países de la región de América Latina y el Caribe (ALC), ocupando así el séptimo lugar detrás de Brasil, México, Argentina, Chile, Colombia y Cuba (ver figura 1).

Los 476 artículos publicados en el periodo referido, acumularon aproximadamente 3,400 citas, lo que representa un poco más de 7 citas en promedio por artículo, situación que permite ubicar a Venezuela como el cuarto país en ALC con el promedio más alto de citas por trabajo en nanociencia y nanotecnología (detrás de México, Argentina y Brasil). Los temas abarcaron el estudio de nanopartículas, nanoemulsiones, nanotubos de carbonos y otros materiales nanoestructurados y compuestos, en matrices poliméricas, metálicas y otras, y la investigación de las propiedades estructurales, magnéticas, electrónicas, mecánicas, etc., y su uso para la catálisis heterogénea, revestimientos, ingeniería de

**FIGURA 1.** Publicaciones en nanociencia y nanotecnología en varios países del mundo en el periodo 2000-2009, según la base de datos del SCI.



Fuente: López *et al.*, 2011.

tejido, biosensores y biomateriales, y electrónica molecular.

Esta producción científica se concentró en cuatro instituciones: el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), con 162 publicaciones; la Universidad Central de Venezuela (UCV), con 151 trabajos; la Universidad Simón Bolívar (USB), con 132 y la Universidad de Los Andes, con 116 (López *et al.*, 2011) (ver figura 2). Además, 384 artículos publicados son producto de trabajos en colaboración con investigadores de otros países (88% del total). En cuanto a la cooperación internacional, se observa en estos trabajos que la misma está liderada por EUA (25%), España (20%), Francia (11%), Inglaterra (6%), Argentina (5%), Alemania (5%), México (4%), Italia (3%), Canadá (3%), Bélgica (2%) y otros entre los que se cuentan Brasil, Suecia, Colombia, Japón, Holanda, Chile, Cuba, Rusia, Uruguay y China, entre otros.<sup>1</sup>

En cuanto al financiamiento de la actividad en nanociencia y nanotecnología en Venezuela el periodo estudiado, es interesante destacar que la infraestructura física de los laboratorios tuvieron la oportunidad de actualizarse y reponerse gracias a fondos que provenían de la implementación de la LOCTI en el año 2006. Este equipamiento permitió la compra de cuatros mi-

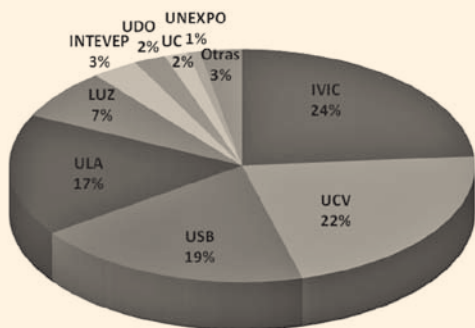
croscopios de fuerzas atómicas distribuidos en la UCV, el IVIC, el Instituto de Estudios Avanzados (IDEA) y la Fundación Instituto de Ingeniería (FII). Además, permitió el equipamiento de otras universidades clave como la ULA y emergentes como la UNEXPO, y Centros de I+D como el Instituto Zuliano de Investigaciones Tecnológicas (INZIT) y el Programa Regional de Materiales (PROMAT), este último dirigido a atender las necesidades de investigación de materiales de interés a la industria de la región de Guayana.

De igual forma, en este periodo comenzaron a tener lugar en Venezuela los primeros congresos y escuelas nacionales e internacionales enfocados al área de nanociencia y nanotecnología, y que detallaremos en la próxima sección.

En cuanto a la participación de la industria venezolana en actividades de nanociencia y nanotecnología, en el caso específico de la industria petrolera PDVSA, y su filial tecnológica INTEVEP, además del uso de estos conocimientos en las investigaciones de interés a la refinación de gas y petróleo, esta empresa ha reportado estar trabajando en el uso de nanoaditivos en el área de producción, particularmente en cementación y control de arena de pozos petroleros (PDVSA, 2009). En el sector farmacéutico, algunos laboratorios farmacéuticos se han embarcado en iniciativas que incluyen estudios dirigidos al nanoencapsulamiento de fármacos.

No obstante las distintas fortalezas antes mencionadas y el interés que puede tener la nanotecnología en Venezuela para el diseño de nuevas técnicas de diagnóstico y terapias médicas, en cuanto a la producción eficiente de energía limpia, a la remediación de las aguas y el ambiente, entre otras, durante todo el periodo mencionado persistió la ausencia de políticas públicas orientadas a estos desarrollos. Es en este contexto que en el año 2007 el Departamento de Estudios de la Ciencia del IVIC organiza la primera reunión enfocada a la evaluación de elementos para una política de nanotecnología en Venezuela. Del mismo modo, en el año 2008, el Ministerio de Ciencia y Tecnología venezolano comienza un

**FIGURA 2.** Porcentaje de publicaciones por instituciones venezolanas en el periodo 2000-2009 según la base de datos SCI.



Fuente: López *et al.*, 2011.

<sup>1</sup> La sumatoria total de estos porcentajes resulta ligeramente mayor al porcentaje total de los trabajos realizados en colaboración, debido a la duplicación en los recuentos de los documentos publicados por más de dos países

estudio prospectivo sobre convergencia tecnológica en la nanoescala.

Como ya fue señalado, si bien se ha reconocido que la mayor parte de los nanotecnólogos en Venezuela, en gran medida, han sido formados gracias a los programas de estudios de tercer y cuarto nivel que existen en el país en física, química, ingeniería, y otras disciplinas, persiste en las instituciones académicas venezolanas una actualización de los *pensa* de estudios a los cambios que se han venido gestando en las distintas áreas de conocimientos científicos como la nanotecnología. Por ello, conscientes de la necesidad de adecuar los *pensa* de estudios a este nuevo conocimiento, en el año 2009, un grupo de investigadores se reunió con el fin de conformar la Red Venezolana de Nanotecnología (Red-Vnano), la cual decide orientar esfuerzos en la creación de un programa de estudios de posgrado en nanotecnología (redvnano.org, 2009a). De igual modo, en su etapa de gestación, la Red-Vnano elabora un documento que busca sensibilizar al Estado venezolano sobre la necesidad de diseñar e implementar un Plan Nacional de Nanotecnología (redvnano.org, 2009b). El documento intenta identificar los factores que obstaculizan el desarrollo de la nanotecnología en Venezuela. Algunos de los factores allí señalados son:

1. Existe en Venezuela una base de investigadores pequeña, y el país no cuenta con ningún programa que permita incrementar de manera sustancial la formación de personal calificado en nanotecnología
2. En su mayoría, los investigadores venezolanos que trabajan en nanotecnología lo hacen de manera dispersa, aunque mantienen contactos entre ellos y con pares internacionales
3. Los nanotecnólogos nacionales no están amparados por políticas públicas e instrumentos como los que existen en Brasil, México o Argentina. La producción de proyectos, informes técnicos y trabajos de ascenso es incipiente en Venezuela, y las líneas de investigación obedecen a iniciativas de los investigadores, mismas que no

necesariamente están vinculadas a las necesidades del país.

4. En materia de infraestructura y equipos existe una base mínima
5. No existen políticas de apropiación de estos conocimientos que ayuden a sensibilizar a nuestra sociedad sobre las oportunidades y desafíos para un adecuado aprovechamiento de la nanotecnología
6. No existe un régimen de protección intelectual específico para las nuevas tecnologías, desventaja que impide establecer las necesarias regulaciones para un sano aprovechamiento de estas tecnologías; ni programas e instrumentos de incentivos a actividades industriales de las innovaciones derivadas de la nanotecnología, situación que impacta negativamente en los planes de escalamiento

Además, en el documento referido se propone el diseño e implementación de planes masivos de formación y divulgación de la nanotecnología. El documento es entregado al Poder Ejecutivo venezolano por intermedio del Ministerio de Educación Superior (hoy Ministerio de Educación Universitaria) y sirve de base a esta red para la elaboración de sus estatutos. De este modo, en Asamblea Fundacional la Red-Vnano establece los siguientes objetivos específicos:

1. Coadyuvar en la formación de personal calificado en nanotecnología mediante la promoción y colaboración en el diseño de cursos, talleres, escuelas, seminarios, programas de pregrado, posgrado y posdoctorado, y de cualquier otra actividad dirigida a incrementar las capacidades humanas en la materia a nivel nacional.
2. Contribuir a la formación de nodos de conocimiento que permitan optimizar las capacidades humanas y físicas para la formación de personal calificado y para el diseño y ejecución de los proyectos de investigación, desarrollo e innovación relacionados con el progreso de la nanotecnología en Venezuela.

3. Promover el desarrollo de una nanotecnología de interés social, en congruencia con los principios éticos que deben regir toda actividad científica, en apego al respeto y salvaguarda de la vida humana, el medio ambiente y las normas que rigen el quehacer.
4. Promover la cooperación nacional e internacional para garantizar el flujo, transferencia y uso compartido de conocimientos, y cualquier apoyo que contribuya a las actividades de la RedVnano.
5. Promover el debate social en torno a las oportunidades y desafíos que la nanotecnología impone a la sociedad y la necesidad de desarrollar normas, regulaciones y controles en el país de los bienes y servicios que se generen de esta tecnología.

La mencionada Asamblea Fundacional de la RedVnano permite, además, acordar unos estatutos para su funcionamiento, los cuales son registrados oficialmente alrededor del año 2010 ([redvnano.org](http://redvnano.org), 2010). Esta red nació con 123 miembros fundadores en febrero de 2010, y representan a instituciones del ámbito productivo (SIDOR, CVG, PDVSA), de Educación Universitaria (IUT, LUZ, UBV, UC, UCV, UDO, ULA, UNESR, UNEXPO y USB) o de Centros de I+D (IVIC, el IDEA, la FII, el INZIT) y de algunos organismos del Estado. Aproximadamente el 60% de los miembros de la RedVnano trabaja en las 4 instituciones más productivas antes mencionadas. Actualmente, esta red cuenta con 369 miembros entre colaboradores, asociados y fundadores.

## ACTIVIDADES DE FORMACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA EN VENEZUELA

En Venezuela, las actividades de interés en la formación nanotecnológica comienzan a ver luz a través de la organización de una serie de eventos nacionales e internacionales dedicados a la nanociencia y nanotecnología. En temas de interés a la nanoelectrónica se realizaron, por ejemplo, cuatro escuelas entre los años 1998 y 2003. De igual forma, otros eventos también fueron realizados en el área de catálisis heterogénea, donde

la participación de invitados internacionales fue frecuente. También en el año 2006 se celebró en Venezuela la Conferencia Internacional en Nanociencia (ICON2006), que contó con la participación de un nutrido número de investigadores y estudiantes de distintas instituciones académicas del mundo. Participaron en la organización del evento: por Norteamérica, el National Institute of Standards and Technology (NIST); por España, la Universidad Autónoma de Madrid y Phantoms Foundation y, por Venezuela, el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas y la Universidad Central de Venezuela.

Asimismo, en los años 2008 y 2010 se realizan en la Facultad de Ciencias de la UCV, las Jornadas de Investigación que incluyen sesiones dedicadas a la nanotecnología, y, en el año 2010, la Facultad de Ingeniería de la UCV organiza estas Jornadas de Investigación así como el Encuentro Académico Industrial (JIFI 2010), abordando entre sus áreas temáticas la nanotecnología. De igual forma, se realiza ese año 2010, en la USB, una jornada dedicada a los materiales nanoestructurados y otra en la UCV dedicada al área de nanomedicina, en el marco de las Jornadas de Investigación de la Facultad de Farmacia de esa institución.

Desde una perspectiva más focalizada a la formación de recursos humanos, destacan las llamadas Escuelas de Nanociencia y Nanotecnología, organizadas por Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes (ULA), en Mérida, Venezuela, cuya primera edición se realizó a finales de 2005, organizada por un comité interinstitucional en el que participaron la ULA, el IVIC y PDVSA-INTEVEP, y contó con la participación de algunos invitados internacionales e investigadores de las instituciones organizadoras. Tiempo más tarde, también en Mérida, se organiza la Escuela Latinoamericana de Nanociencia, que contó con dos ediciones, una en el año 2006 y otra en el 2008, todas organizadas en la ULA, Mérida.

Por otra parte, por esos años, los gobiernos de Cuba y Venezuela suscribieron el convenio de cooperación, el cual incluyó un proyecto que contemplaba la formación de recursos humanos en nanociencia y nanotecnología, e involucró al InSTEC de Cuba, el IVIC y la UCV por Venezuela. El

proyecto permitió la realización, en el año 2009, de una escuela de varias semanas sobre técnicas de síntesis y caracterización de materiales nanoestructurados, la cual se llevó a cabo en el IVIC y se denominó "Curso de Formación de Recursos Humanos en Nanociencia y Nanotecnología para los países del ALBA".

Otra iniciativa importante a destacar sobre la formación de recursos humanos en nanotecnología es el Programa de Cooperación de Posgrado (PCP) FONACIT-Francia. En el marco de este programa se han financiado proyectos para la formación de doctores a través de las cotutelas de tesis entre Francia y Venezuela, en áreas como óptica no lineal, nanopartículas empleadas como catalizadores, revestimientos nanoestructurados, nanoemulsiones, medios porosos nanoestructurados, nanocosméticas, nanotubos de carbono, nanoelectrónica, entre otros (Vessuri y Sánchez, 2007). Estas actividades han permitido la formación de más de una treintena de nanotecnólogos y, con base en esta experiencia, se pudo organizar la Escuela Franco-Venezolana de Nanotecnología, ENANO 2009, evento organizado por la RedVnano en Caracas y Choroni, y patrocinado por el FONACIT, el Programa de Cooperación de Postgrados (PCP), la Embajada de Francia en Venezuela, la Fundación IDEA, la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales y la Universidad Central de Venezuela. Participaron profesores invitados y estudiantes representantes de diferentes instituciones académicas nacionales; por Francia, participaron unos 20 profesores invitados de una diversidad de instituciones: CEA-LETI, Université de Limoges, CNRS, Université Montpellier II, Université Paul Sabatier, Université Bordeaux I, Université Paris-Sud, entre otras. Se contó, además, con representantes de España, de la Universidad de Sevilla y del CSIC. La Escuela versó sobre técnicas de caracterización en la nanoescala, técnicas de diseño, modelaje y nanomanufactura, nanomateriales y nanodispositivos, aplicaciones nanotecnológicas de interés social (salud, energía, medio ambiente, etc.) y riesgos e implicaciones sociales de la nanotecnología.

Adicionalmente, a través de la realización de varias mesas de trabajo destinadas a la forma-

ción de talento humano, la ENANO 2009 sirvió de plataforma para avanzar en la propuesta de la RedVnano de crear un Programa Interinstitucional de Posgrado en Nanotecnología en cooperación internacional (ENANO, 2009), para alcanzar un nivel óptimo y competitivo de manera internacional, agrupando universidades e instituciones de trayectoria en el desarrollo de esta área.

Los encuentros destinados a avanzar en el referido programa interinstitucional de posgrado continuaron realizándose durante el año 2010 y 2011, agrupando gran parte de los coordinadores de posgrado en representación de las instituciones académicas más importantes del país. La agenda de estas reuniones ha estado siempre concentrada en la elaboración de un diseño curricular para la creación de una maestría en nanotecnología. Las instituciones contempladas a participar en esta iniciativa son la USB, el IVIC, LUZ, la UNEXPO, entre otras instituciones venezolanas.

Para reforzar estos objetivos de formación de nanotecnólogos y promover la cooperación regional e internacional, la RedVnano junto con la Universidad de Montpellier 2, Francia, diseñaron un proyecto para la movilización de docentes en nanotecnología a nivel de posgrado entre instituciones de Argentina, Brasil, Francia y Venezuela. El proyecto fue presentado en las convocatorias del Programa Prefalc de la Fundación Casa de las Ciencias del Hombre de Francia, y fue aprobado en julio del año 2010.

En la actualidad, en el marco de la celebración de la ULA del Año Internacional de la Química, y para dar inicio al Programa Prefalc NANO2, la ULA, la USB, la UCV, el IVIC y la RedVnano se han unido para dar continuidad a las escuelas de nanociencia y nanotecnología en Venezuela, adoptando el nombre de la primera escuela realizada en el año 2005, y el acrónimo de la ENANO 2009. Así, la Escuela de Nanociencia y Nanotecnología, ENANO 2011, surge para ofrecer a estudiantes e investigadores una programación de cursos en el último trimestre del año 2011. El programa de la ENANO 2011 contará con la participación de más de 50 profesores nacionales e internacionales (de Argentina, Brasil, España, Francia y México). Estos profesores impartirán módulos que, agru-

pados, conformarán asignaturas que podrán ser acreditadas por varios programas de estudios de posgrado del país. La escuela se realizará en la ULA en Mérida y en la USB, IVIC y UCV, en Caracas; se está evaluando la posibilidad de transmitir los cursos a otras ciudades del país a través de videoconferencias. Esta iniciativa corresponde a una experiencia piloto para lo que se espera será la dinámica de cooperación interinstitucional en la implementación del programa de maestría en nanotecnología promovido por distintas instituciones venezolanas.

En cuanto al diseño curricular para la maestría en nanotecnología, las instituciones establecieron consenso en cuanto al objetivo general del programa de maestría, el cual apuntará a proporcionar a los profesionales universitarios las competencias para el estudio profundo y sistematizado de la nanociencia y la nanotecnología, el manejo de conceptos, métodos y técnicas de investigación propios de la investigación y del área, orientadas a resolver problemas complejos y de interés social con una visión integral e interdisciplinaria así como con un alto sentido ético.

Otro aspecto a resaltar del programa de maestría propuesto es que las distintas universidades acordaron una matriz curricular similar (ver tabla 1) y así apuntar a una formación de profesionales con unas bases sólidas en los aspectos más importantes y actuales de la nanotecnología y con competencias para la investigación y el desarrollo en el área, orientada a resolver problemas de interés social. Específicamente, el magíster en nanotecnología que aspira formar el programa interinstitucional de maestría en nanotecnología debe:

1. Conocer, comprender, diseñar y aplicar de manera innovadora y con una visión integral e interdisciplinaria, materiales moleculares y nanoestructurados, identificando sus propiedades y aplicaciones en temas relacionados con la energía, el medio ambiente, la salud, el agroalimentación, los nuevos materiales y otros de interés social.
2. Demostrar habilidades en la utilización de métodos y técnicas de investigación pro-

pias de la nanotecnología, basadas en el uso de herramientas experimentales, computacionales, teóricas u otras de interés al área.

3. Transferir los conocimientos teóricos adquiridos a la práctica, aplicando la nanotecnología a la búsqueda de soluciones a problemas tecnológicos de gran complejidad que requieren ser abordados con una visión multidisciplinaria.
4. Analizar y gestionar conocimientos de nanociencia y nanotecnología, producidos en su entorno, y en los contextos local, nacional e internacional.
5. Incorporarse en equipos de trabajo en donde elabore informes y participe en el diseño y ejecución de proyectos de investigación.
6. Trabajar de manera sinérgica en equipos multidisciplinarios de investigación y desarrollo, favoreciendo el intercambio y difusión de conocimientos en el área de la nanotecnología
7. Colaborar con proyectos de investigación de empresas, instituciones y organizaciones en general que deseen aprovechar los nuevos desarrollos de la nanotecnología para la optimización de los procesos de producción de bienes y servicios.
8. Contribuir con los planes de formación de recursos humanos en nanotecnología que existan en el país.
9. Demostrar conocimientos sobre las implicaciones sociales de la nanotecnología, de sus ventajas y riesgos, siendo capaz de valorarlos y comunicarlos adecuadamente.
10. Actuar con ética y responsabilidad en sus actividades de investigación, respetando y difundiendo aquellas regulaciones que existan en la materia orientadas a salvaguardar la vida humana y el medio ambiente.

Se espera que el programa interinstitucional de maestría en nanotecnología se oficialice en las distintas instituciones venezolanas en el año 2012.

TABLA 1. Plan de estudios: matriz curricular

Programa de maestría en nanotecnología					
Plan de estudios: matriz curricular					
Asignatura O: Obligatoria	E: Electiva	HP: Horas prácticas			
HT: Horas teóricas	UC: Unidades-crédito	TH: Total de horas			
Asignaturas	O/E	No. HT	No. HP	UC	No. TH
<b>Componente básico (mínimo exigido: 6 UC)</b>					
Nanotecnología y sus implicaciones sociales	O	48	-	04	48
Gestión del conocimiento	O	24	-	02	24
<b>Componente especializado (mínimo exigido: 18 UC)</b>					
Propiedades físicas y químicas de los materiales nanoestructurados	E	48	-	04	48
Técnicas de síntesis de materiales nanoestructurados	E	48	-	04	48
Técnicas de caracterización de materiales nanoestructurados	E	48	-	04	48
Laboratorio de nanotecnología 1	E	-	96	04	96
Laboratorio de nanotecnología 2	E	-	96	04	96
Química supramolecular	E	48	-	04	48
Nanomateriales basados en carbono	E	48	-	04	48
Física del estado sólido	E	48	-	04	48
Química medicinal	E	48	-	04	48
Nanopartículas de metales de transición: uso y aplicaciones en síntesis orgánica	E	48	-	04	48
Formulación y evaluación de proyectos de innovación tecnológica	E	24	48	04	72
Planificación y control de proyectos	E	24	48	04	72
Nanoelectrónica	E	36	-	03	36
Técnicas para el modelaje computacional en nanociencia	E	18	36	03	54
Principios biológicos para diseño de implantes biomédicos	E	36	-	03	36
Nanocaracterización por técnicas microscópicas	E	36	-	03	36
Microscopía electrónica en bionanociencias	E	36	-	03	36
Propiedades y técnicas litográficas para la fabricación de nanodispositivos	E	24	-	02	24
Aplicaciones de la nanotecnología a la salud	E	24	-	02	24
Aplicaciones de la nanotecnología a la refinación de hidrocarburos	E	24	-	02	24
Magnetismo en nanopartículas	E	12	-	01	12
Nanopartículas para aplicaciones biomédicas	E	12	-	01	12
Cristalización de materiales poliméricos bajo confinamiento	E	12	-	01	12
Polímeros y surfactantes en la interfase	E	12	-	01	12
Fuerzas de superficie y nanotribología	E	12	-	01	12
Fisicoquímica de superficies	E	12	-	01	12
Espectroscopía Mössbauer y su aplicación en la caracterización de nanoestructuras	E	12	-	01	12
<b>Componente de investigación (mínimo exigido: 21 U.C.)</b>					
Seminario de trabajo de grado I	O			03	
Seminario de trabajo de grado II	O			03	
Seminario de trabajo de grado III	O			03	
Trabajo de grado	O			12	
<b>Mínimo total exigido de U.C.: 15 de AO + 18 de AE + 12 de Trabajo de Grado = 45</b>					



## LA DIVULGACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA EN VENEZUELA

Las primeras actividades de divulgación en nanotecnología de las cuales se tiene referencia comenzaron a realizarse en el marco del evento Happy Hour con la Ciencia, en el Café Mediterráneo, en Caracas. Este evento, organizado desde el año 2004 por la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia (Capítulo Caracas), sirvió de plataforma para la presentación de varias charlas que tenían la intención de divulgar temas de interés en la nanotecnología. De igual forma, en distintos congresos como los de la Sociedad Venezolana de Física, la ENANO 2009, y otros eventos a nivel nacional, se comienzan a incluir con cierta frecuencia charlas sobre nanotecnología orientadas al interés del público en general. Estas charlas intentan no sólo incluir el estado del arte de la nanotecnología a un área del conocimiento, sino también abordar en muchos casos aspectos asociados con las implicaciones sociales de la misma.

Se destacan también algunas emisiones en el circuito nacional de radio y televisión orientadas al tema de la nanotecnología. Otros espacios de divulgación han sido accesibles en la web a través de micros realizados en organismos públicos y en universidades, como los micros realizados en la USB, denominados “Diálogos USB”, en los cuales el tema de la nanotecnología ha sido abordado en un par de ocasiones.

Otras actividades de divulgación a destacar consisten en seminarios organizados en las oficinas del Ministerio de Ciencia y Tecnología en el Estado Bolívar (Fundacite Bolívar) en el año 2010, con ocasión de la inauguración de la Cátedra de Nuevos Materiales, en esa región. En ese mismo año, en un encuentro sobre retos en la inocuidad de alimentos, en el cual participaron representantes de la industria agroalimentaria venezolana, se impartieron charlas de divulgación en nanotecnología, con el propósito de dar a conocer las ventajas y desafíos para un adecuado aprovechamiento de este conocimiento por esta industria. Este tipo de charlas, orientadas a los temas de interés específico de cada industria, han sido también programadas en la Corpo-

ración Venezolana de Guayana, encargada de la producción de materiales de hierro y aluminio, entre otros, y en PDVSA-INTEVEP.

En las actividades de divulgación de interés en la nanotecnología, cabe destacar también una exposición realizada recientemente en el IVIC, denominada “La Obsesión por lo Invisible”, en donde se describen a través de una muestra fotográfica, los primeros pasos realizados en el país en el uso de las técnicas de microscopía electrónica.

Finalmente, una actividad de divulgación que está adquiriendo una importancia singular en Venezuela es la promovida inicialmente por un grupo de estudiantes de la ULA, quienes conformaron una comunidad virtual denominada Red de Nanotecnología de Estudiante de la ULA (RedNanoEstULA), la cual nace promoviendo el intercambio de información entre estudiantes haciendo uso de las redes sociales de Internet. Además, esta red ha colaborado en la organización de “conversatorios” en la ULA, dedicados al tema de la nanotecnología, en donde se invita a investigadores destacados en la materia para intercambiar, de una manera amena con la comunidad de estudiantes e investigadores de la ULA, temas específicos de la nanotecnología, sus implicaciones sociales y perspectivas. Esta red de estudiantes ha logrado también intervenir en varios congresos locales y nacionales dedicados a temas de enseñanza de la ciencia, la ecología, etc., con la presentación de carteles destinados a divulgar las oportunidades y desafíos de la nanotecnología en la sociedad venezolana.

## CONCLUSIONES

En Venezuela existen las capacidades en nanotecnología que pudieran constituir una base para el fortalecimiento y el desarrollo de este conocimiento para el beneficio de la sociedad venezolana. Hay avances concretos en la articulación de los actores a través de redes conformadas por investigadores y estudiantes. De igual modo, existen importantes expectativas sobre la creación del programa interinstitucional de maestría en nanotecnología, el cual permitirá promover la cooperación entre diferentes instituciones aca-

démicas venezolanas y extranjeras para la formación de recursos humanos en esta área del conocimiento. Todas estas iniciativas, aunque con ciertas dificultades, han calado de una forma positiva en los actores del sistema científico nacional, logrando posicionar gradualmente el tema de la nanotecnología en la agenda del gobierno, la industria y la academia; y haciéndose cada vez más visible en los medios de comunicación nacional.

En cuanto a las actividades de divulgación, los esfuerzos realizados en Venezuela siguen resultando insuficientes para promover una verdadera movilización social en el país. Sin embargo, las acciones originadas desde la comunidad de estudiantes e investigadores pudieran poseer efectos multiplicadores si las mismas lograran un mayor apoyo del gobierno, de las instituciones académicas, empresas y de los medios de comunicación en general.

## RECOMENDACIONES

Para impulsar un adecuado desarrollo de la nanotecnología en Venezuela, el país debe establecer políticas públicas claras en relación con la formación y divulgación de la nanotecnología. Sólo a través de un plan coherente de divulgación dirigido a la sociedad venezolana en general se podrá obtener la necesaria movilización social para el desarrollo de este conocimiento, y así aprovechar sus ventajas, minimizando los riesgos inherentes al aprovechamiento de todo nuevo conocimiento.

En cuanto a los planes de formación en nanotecnología, el Estado venezolano debe fortalecer estas iniciativas a través de la creación de programas de becas que animen a los profesionales a seguir carreras universitarias en ciencias básicas y aplicadas, a seguir estudios de posgrado orientados en esta área del conocimiento, apoyando, además, la generación de espacios de investigación científica y tecnológica, para el fortalecimiento de las capacidades físicas e institucionales.

En el diseño de estrategias y actividades para el óptimo desarrollo de los planes de divulgación es fundamental promover el intercambio de experiencias a nivel regional e internacional

a través de redes de cooperación similares a las experiencias que adelantan la RedCYTED NANODYF.

Las actividades de promoción de la nanotecnología, en la medida de lo posible, deberían estar destinadas a la sociedad en general. Específicamente se sugiere que el Estado anime la creación de espacios museísticos enfocados a promover experiencias en niños y adolescentes sobre nanotecnología. Estos espacios pudieran incluir exposiciones fotográficas itinerantes del nanomundo, obtenidas en laboratorios tanto nacionales como internacionales, o muestras que exhiban en los aparatos de uso domésticos la evolución de la microtecnología a la nanotecnología, con textos explicativos del funcionamiento.

Debe promoverse también la publicación de material divulgativo y de formación en todos los niveles de educación, así como actualizar los contenidos en los textos de la educación primaria y secundaria para incluir algunos conceptos clave de la nanotecnología que faciliten la apropiación de estos conocimientos en la sociedad venezolana desde edades tempranas.

Otras actividades de divulgación que pudieran tener un efecto multiplicador importante son la organización de foros y la creación de programas audiovisuales en radio y televisión, páginas web, etc., que promuevan el debate sobre las oportunidades y desafíos que impone el aprovechamiento de la nanotecnología en la sociedad venezolana.

Se recomienda, además, promover actividades de divulgación en torno a la nanotecnología, enfocadas en articular los tres actores fundamentales del sistema científico nacional, como lo son la academia, la industria y el gobierno. Para ello, se deben establecer campañas con cátedras itinerantes que lleguen a empresas, organismos públicos, escuelas y universidades. De igual modo, hay que establecer mecanismos que permitan extender y fortalecer experiencias como las adelantadas por los estudiantes de pregrado de la Universidad de Los Andes antes mencionada, y animar a los estudiantes a participar en talleres que les proporcionen competencias para la organización de actividades de divulgación de

nanotecnología en la comunidad en general, que incluyan charlas y demostraciones experimentales, a través del servicio comunitario que deben realizar todos los estudiantes durante sus estudios universitarios.

## BIBLIOGRAFÍA

- ENANO. (2009). Formación de talento humano y la cooperación interinstitucional. En: <www.redvnano.org/en2.html>.
- FII. (2008). Fundación Instituto de Ingeniería, MC-TII. *Estudio prospectivo de nanomateriales en Venezuela*. Caracas, Venezuela.
- Goncalves, E. (2006) "Estudio exploratorio acerca de los recursos existentes en las tecnologías convergentes en Venezuela. Caso: Nanotecnologías". Trabajo de grado para optar al Magíster Scientiarum. IVIC. Caracas.
- López, M.S., Hasmy, A. y Vessuri, H. (2011). "Nanoscience and nanotechnology in Venezuela". *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 13, núm. 8: 3101.
- MCT. (2005). Ministerio de Ciencia y Tecnología. *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación: Construyendo un futuro sustentable*. En: <www.fonacit.gov.ve/documentos/pncti.pdf>
- PDVSA. (2009, 14 de mayo). Intevep avanza en estudios para la aplicación de nanotecnología en pozos. En: <www.pdvsa.com/index.php?tpl=interface.sp/design/readsearch.tpl.html&newsid\_obj\_id=7557&newsid\_temas=0>.
- Redvnano.org. (2009a). Minuta de reunión para la conformación de una comisión para la promoción de una red y un programa de posgrado interinstitucional de nanotecnología. En: <http://www.redvnano.org/documentos/MinutaRVNano1.pdf>.
- Redvnano.org (2009b). Hacia un Plan Nacional de Nanotecnología. En: <www.redvnano.org/documentos/HaciaUnPlanNano.pdf>.
- Redvnano.org (2010). Acta Constitutiva y Estatutos Sociales de la Asociación Civil "Red Venezolana de Nanotecnología. En: <www.redvnano.org/documentos/ActaRedDefinitiva.pdf>.
- De la Vega, I., Suárez, M., Blanco, F., Troconis, A. y Aponte, G. (2007) *Las tecnologías nanoscópicas en los centros y las periferias. El caso de los nanomateriales en Venezuela*. Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLANS). En: <estudiosdeldesarrollo.net/relans/documentos/VENEZUELA.pdf>.
- Vessuri, H., Sánchez, I. (2007). "Tecnologías convergentes: ¿qué está siendo hecho y qué debería ser hecho sobre ellas en los Países Andinos?". Estudio Nacional Venezuela. En RoKS / IDRC 2003 - 2004 (2007) *Comprendiendo las dimensiones sociales y de política pública de tecnologías transformativas en el Sur. Proyecto: tecnologías convergentes: ¿qué está siendo hecho y qué debería hacerse sobre ellas en los Países Andinos? Informe final de investigación*. La Paz, Bolivia. En: <www.redvnano.org/documentos/proyecto.pdf>.