

# México se incorpora a la nueva revolución industrial de las nanotecnologías

Guillermo Foladori<sup>1</sup>

Edgar Zayago<sup>2</sup>

## Resumen

En América Latina Brasil, México y Argentina son quienes más están impulsando las nanotecnologías. A pesar que México no tiene, como los otros dos países, un proyecto nacional para el desarrollo de las nanociencias y nanotecnologías, en los últimos años muchos acuerdos multilaterales fueron creados entre centros de investigación, universidades extranjeras e industrias para el dar impulso a estas tecnologías de lo diminuto.

Lo que distingue a las iniciativas argentina y brasileña de la experiencia mexicana son dos características. Por un lado, no existe aún, en México, un plan nacional para el desarrollo de las nanotecnologías. Por otro lado, México se caracteriza por una importante presencia estadounidense en varios de sus convenios de colaboración científica, y también en la creación de parques industriales de alta tecnología. Este artículo da cuenta del camino por el cual México transita en las nanotecnologías.

**Palabras clave:** nanotecnología, nanociencias, México, ciencia y tecnología

## Abstract

In Latin America, Brazil, Argentina and Mexico are the leading countries in nanotechnology research and development. However, Mexico is the only one from this group without a national plan concerning the development of nanotechnology and the nanosciences. Regardless, Mexico has signed several multilateral agreements between research centers, foreign universities and industries from overseas to promote the development of the diminutive sciences.

For the most part, there are two features that make a distinction between both the Argentinean and Brazilian initiatives from the Mexican. On one hand, Mexico is missing a tangible plan for the development and research of nanotechnology. On the other, the United States plays an important role in most of the cooperation agreements signed by Mexico and in the creation of new positions inside the Mexican high technology industry. This article examines the paths that Mexico has taken in the development of nanotechnology.

**Key words:** nanotechnology, nanosciences, Mexico, science and technology

---

<sup>1</sup> Profesor-investigador. Doctorado en Estudios del Desarrollo. Universidad Autónoma de Zacatecas. fola@estudiosdeldesarrollo.net

<sup>2</sup> Estudiante del Doctorado en Estudios del Desarrollo. Universidad Autónoma de Zacatecas. edzlau@yahoo.com

## México se incorpora a la nueva revolución industrial de las nanotecnologías

### Introducción

Brasil, México y Argentina son los países de América Latina donde las nanociencias y nanotecnologías están más desarrolladas (Foladori, 2006a).<sup>3</sup> <sup>4</sup> Hay, sin embargo, diferencias entre ellos. Brasil, lanzó una convocatoria nacional a la formación de redes de investigación en 2001, destinando para ello un millón de dólares. Luego, en 2004, presentó el Programa de Nanociencia y Nanotecnología, dentro del Plan Pluri Anual de Desarrollo (2004-2007), para lo cual destinó 39 millones de dólares (MCT, 2004a, 2004b). Existen, además, otros fondos federales, estatales e internacionales destinados a las nanotecnologías en Brasil. El Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil centraliza el grueso de los fondos y coordina nacionalmente el avance de las nanotecnologías.

Argentina, por su parte, decretó en 2005 la creación de la Fundación Argentina de Nanotecnología, con un presupuesto de diez millones de dólares durante cinco años. El decreto presidencial fue fuertemente criticado por diversos sectores de la sociedad civil, argumentando irregularidades de procedimiento y políticas. Un año y medio después aún se resentía su funcionamiento debido a los malestares sectoriales (Foladori, 2005, 2006b). Aún así, y al igual que en Brasil, el gobierno de Argentina pretende regular las investigaciones en nanotecnología mediante el uso de su presupuesto e instrumentos administrativos. Pero, al igual que en Brasil, no existe en el caso argentino una discusión sobre las ventajas de impulsar estas tecnologías, más allá del cliché repetido por todos los gobiernos de incrementar la competitividad internacional (Foladori, 2006a). Durante 2005, un convenio entre Argentina y Brasil llevó a la creación del Centro Brasil-Argentina de Nanociencias y Nanotecnología, con cursos de formación binacional y el intercambio científico entre las diferentes redes nacionales (Almeida, 2005).

Debe señalarse que ni en Brasil ni en Argentina ni en México el impulso a la nanotecnología va acompañado de programas oficiales de investigación de sus posibles impactos sociales, económicos, sus riesgos ambientales o para la salud, o sus implicaciones éticas.<sup>5</sup> Siendo que estos temas están en las agendas de los programas de nanotecnología de todos los países desarrollados, la ausencia en el caso latinoamericano es un indicador de la falta de discusión pública del tema, de la compartimentación científica, y de la esperanza de los gobiernos en que el desarrollo de esta tecnología colabore a incrementar la competitividad internacional, aún subestimando cuestiones de riesgo e impactos.

El caso de México es algo diferente a Brasil y Argentina. En México no hay, todavía, un plan o programa nacional; a pesar de que, desde 2002, la nanotecnología se

---

<sup>3</sup> Cuba tiene importantes avances en nanobiotecnología, y en otros países existen equipos de investigación en diversas instituciones.

<sup>4</sup> En adelante nos referiremos a Nanotecnología incluyendo las varias nanotecnologías y también las nanociencias.

<sup>5</sup> Brasil cuenta con una Red de Nanotecnología, Sociedad y Medio ambiente que agrupa a algunos científicos sociales interesados en esos temas (<http://nanotecnologia.incubadora.fapesp.br/portal>). En 2006 se formó la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad, con intereses similares a nivel continental y con sede en dos instituciones mexicanas: el Doctorado en Estudios del Desarrollo de la Universidad Autónoma de Zacatecas, y el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México ([www.estudiosdeldesarrollo.net/relans](http://www.estudiosdeldesarrollo.net/relans)).

han considerado un sector estratégico, según fue planteado en el *Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2002-2006*, y del esfuerzo de un grupo de investigadores por impulsarlo (IPICyT, 2002); e, inclusive, del apoyo de la Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (FUMEC). Pero eso no ha impedido el desarrollo de la nanotecnología de forma individual o mediante convenios bi o multilaterales de determinados centros de investigación en asociación con instituciones extranjeras; refleja, mas bien, un camino diferente en el desarrollo de la nanotecnología.

### **La nanotecnología en México**

Lo que distingue a las iniciativas argentina y brasileña de la experiencia mexicana son dos características. Por un lado, aún no existe en México un plan nacional para el desarrollo de la nanotecnología. Por otro lado, México se caracteriza por una importante presencia estadounidense en varios de sus convenios de colaboración científica, y también en la creación de parques industriales de alta tecnología. Esta última característica es lógica, por tratarse de países limítrofes y participantes del North American Free Trade Agreement, pero no deja de darle un cariz particular.

### ***La política mexicana de ciencia y tecnología en relación con la nanotecnología***

Es a partir del 2002 cuando la investigación en nanotecnología en México pasa a ser reconocida como un área de investigación estratégica, y se destinan algunos fondos para impulsarla. El *Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006*, que constituye la profundización sectorial del *Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006*, considera la nanotecnología como un área estratégica de los materiales avanzados. En dicho documento se anotan cuales serían las áreas de interés para su desarrollo (catálisis, polímeros, materiales nanoestructurados, películas delgadas, semiconductores, metalurgia, biomateriales, materiales ópticos, cerámicos avanzados y simulación y modulación de materiales y procesos) y se hace una breve reseña de qué centros de investigación, con qué equipo humano y material cuenta cada uno de ellos, y, cuáles son las potenciales interacciones con la industria. El Programa Especial también señala la necesidad de contar con un Programa Nacional de Nanotecnología, y de sostener una red de intercambio científico en el área (CONACYT, 2002). El *Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006* también coloca a la nanotecnología como una de las áreas estratégicas de desarrollo del sector energético, y en relación con el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Estaban dadas todas las condiciones para el lanzamiento de una iniciativa nacional de nanotecnología. Sin embargo, el Programa Especial no incluye una propuesta de instrumentalización, ni un presupuesto para lograrlo, quitándole efectividad. Por otra parte, el presupuesto para Ciencia y Tecnología (C&T) disminuyó considerablemente en los últimos años en México. En la propuesta del Plan Nacional de Desarrollo de 2002 se esperaba que el gasto en Investigación y Desarrollo (I&D) alcanzara el 1% del Producto Bruto en 2006. Para el 2004 esa proyección se rebajó al 0,5% y en 2005 apenas llegaba al 0,4%. Esto puede cambiar en cualquier momento; un indicador es que en Diciembre de 2005, el Comité de C&T del Senado de la República emitió una declaración a favor de la preparación de un Programa Nacional de Emergencia para inversiones en investigación y enseñanza de la nanotecnología (Comisión de Ciencia y Tecnología, Senado de la República, 2005).

Para elaborar el *Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006* se contó

con la colaboración de investigadores de las diferentes ramas de las nanotecnologías, pero, además, se revisaron varios programas nacionales de otros países, y en particular la National Nanotechnology Initiative de Estados Unidos. Por esta razón llama la atención que el Programa Especial no contemple los posibles riesgos a la salud y el medio ambiente de las nanotecnologías, tampoco sus implicaciones éticas o legales, o la participación pública en algo que es considerado por muchos científicos como la gran revolución tecnológica del siglo XXI. La ausencia de preocupaciones por riesgos e impactos es más alarmante en el contexto del rápido aumento de laboratorios de nanotecnología en México, algunos de ellos con clean rooms y equipo sofisticado, y con la pretensión de convertirse en productor en escala de nanocomponentes para la industria.

Los programas de nanotecnología brasileño y argentino tampoco contemplan los posibles impactos negativos de la nanotecnología, o la necesidad de un sistema de monitoreo de dichas actividades. En este ámbito de riesgos e impactos se distancian las propuestas latinoamericanas de la estadounidense y europea.

La falta de una iniciativa nacional en México ha volcado a los diferentes centros de investigación a la búsqueda de convenios bi o multilaterales, y el establecimiento de redes de investigación nacionales e internacionales. Un informe realizado por Malsch TechnoValuation sobre micro y nanotecnología en México, y publicado a finales de 2004, señala la existencia de once grupos de investigación en tres universidades y dos institutos de investigación, contando con aproximadamente noventa investigadores en nanotecnología (Lieffering, 2004; Malsch, & Lieffering, 2004). Otras estimaciones apuntan entre 300 y 500 los investigadores en nanotecnología en México, y aproximadamente 20 centros o instituciones que realizan investigación. Escapa a los propósitos de este artículo hacer un diagnóstico completo del estado de la nanotecnología en México, pero vale la pena destacar algunos de los esfuerzos.

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) es la que dispone, de forma concentrada, de la mayor cantidad de investigadores en nanotecnología y algunos de los proyectos más ambiciosos. El programa *Impulsa* fue creado para fomentar la investigación multidisciplinaria enfocada a la satisfacción de problemas nacionales. Forma parte de este programa el Proyecto Universitario de Nanotecnología, aprobado en diciembre de 2004, que trabaja en el desarrollo de materiales nanoestructurados como catalizadores de mejora ambiental. El proyecto fue lanzado con un millón de dólares anuales, y cuenta con la participación de 8 entidades de la UNAM y en torno de 30 investigadores (PUNTA, 2004; Calles, 2005). Además, la UNAM cuenta con una red interna de nanotecnología (REGINA- Red de Grupos de Investigación en Nanociencias) que agrupa a más de 40 investigadores y cerca de 8 centros de investigación. La UNAM tiene varios centros donde investiga en nanotecnología, no solamente en la Ciudad de México, sino también fuera, como el Centro de Ciencias de la Materia Condensada en Baja California, o el Centro de Investigación en Energía en Morelos.

El CINVESTAV del Instituto Politécnico Nacional (IPN) es uno de los centros de investigación científica más destacados de México, y cuenta con varios campus en diferentes ciudades que investigan en nanotecnología. El Departamento de Física, en la Ciudad de México, cuenta con un Laboratorio de Nanoestructuras Semiconductoras. En el campus Guanajuato está localizado el Laboratorio Nacional de Genómica. También investigan en física de nanopartículas en el campus de Mérida; ingeniería metalúrgica en Coahuila, ingeniería eléctrica en Guadalajara, materiales en Querétaro. La producción

académica del CINVESTAV está presente en varias revistas científicas y decenas de congresos internacionales.

El Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), un centro del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) realiza docencia e investigación en nanotecnología; y ha sido activo en proponer un programa nacional de nanotecnología, contando para ello con el apoyo de la FUMEC. El grupo de investigación en Materiales Avanzados, que estudia las propiedades de los materiales nanotestructurados, ha sido reconocido internacionalmente. El IPYCyT también participa del consorcio NANOFORUMEULA con la Unión Europea

La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) destaca en el área de semiconductores y es sede de la Red Internacional de Nanociencia y Nanotecnología, donde participan investigadores mexicanos de la misma BUAP, del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía (INNyN) (que pertenece a los Institutos Nacionales de Salud de México), de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (SePI-ESIME) del IPN, de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I), del CINVESTAV de las unidades Zacatenco y Mérida, de la UNAM, y del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ).

Una de las principales empresas públicas que investiga en nanotecnología es el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Existen varios proyectos en desarrollo; han patentado algunos resultados exitosos y tienen un programa de formación académica en el área de Ingeniería Molecular. Además, este instituto ha establecido convenios con otras entidades, como con el área de electroquímica de la UAM-I. El acuerdo incluyó la construcción de un avanzado laboratorio y la financiación de un proyecto de investigación en esta universidad (Ramos, 2004). Por su parte, el Laboratorio de Nanotecnología e Ingeniería Molecular de la UAM-I está especializado en superficie de nanopartículas y tiene convenios con otras instituciones (QuimiNet.com, 2005).

Otras universidades y centros de investigación trabajan en nanotecnología en México, como el Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados (CIMAV) del CONACYT; la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), que tiene un Laboratorio de Nanociencias con proyectos de aplicación a la salud; la Universidad Veracruzana (UV), con un Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología especializado en sensores magnéticos; la Universidad de Sonora con una línea de investigación en nanomateriales; la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM); la Universidad de Guadalajara (U de G); la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP); el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM); el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI); el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE); la Universidad Tecnológica de México (UNITEC); la Universidad de Guanajuato (UGTO); la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ); el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ); el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) del CONACYT; el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) del CONACYT; el Centro de Investigaciones en Óptica (CIO); la Universidad Politécnica de Pachuca (UPP); varias de las cuales participan, como veremos, de convenios internacionales y de clusters en parques industriales.

Existen varias colaboraciones internacionales. En 2004 se firma el acuerdo de Cooperación Científica y Tecnológica entre la Comunidad Europea y México. Este convenio posibilita la participación de centros de investigación mexicanos en las actividades del VI (2002-2006) *Programa Marco de Desarrollo Tecnológico de la Unión Europea*. La nanotecnología es un tema prioritario. Existe también un convenio bilateral (PROBICYT), de C&T, para fortalecer un sistema nacional de innovación, mejorar los recursos humanos y de infraestructura y promover la competitividad. Y, México, junto a los otros países latinoamericanos, participa de los programas @Lis (sociedad de la información), AL-Invest (inversiones), Alban (de educación), y Urbal (Desarrollo Urbano) (Berlanga, 2004). NANOFORUMEULA es un proyecto de colaboración en I&D en Nanotecnología específicamente. Participan de este consorcio la Universidad de Twente en Holanda, la Superintendencia de la Zona Franca de Manaus (SUFRAMA) en Brasil, el CEA-LETI-MINATEC de Grenoble, Francia, el Fraunhofer IWS Institute de Desden, Alemania, la Universidad Autónoma de Madrid en España y el IPICYT de México. Este proyecto es parte del interés de la Unión Europea por fomentar las relaciones de investigación a largo plazo entre instituciones europeas y de América Latina (Suframa, 2007).

El CIAM (Colaboración Interamericana en Materiales Avanzados) es un programa interinstitucional creado en 2002 para apoyar la colaboración en investigación de materiales y creación de redes. Participan las instituciones de C&T de Argentina, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, México, Jamaica, Trinidad Tobago y USA. Investigadores mexicanos han recibido varios financiamientos de esta organización para estudiar nanotecnología.

### ***La colaboración con Estados Unidos***

La colaboración en nanotecnología entre México y Estados Unidos se da mediante tres formas que pueden tener explicaciones y dinámicas diferentes, pero que tienen interconexiones formales o informales entre sí. Una forma son las vinculaciones científico-académicas; otra son los intereses político-empresariales; y otra son los acuerdos científico-militares.

El papel de la FUMEC ha sido muy importante en muchos de los convenios de colaboración entre centros mexicanos y estadounidenses. A finales de la década del noventa George E. Brown Jr., quien fuera impulsor de la Office of Science and Technology Policy del ejecutivo de Estados Unidos (creada en 1976), y que era reconocido por su posición en torno al desarrollo de una ciencia para satisfacer las necesidades sociales, escribió, en un artículo colectivo de 1998, que la Mayoría de los acuerdos de cooperación científica de Estados Unidos no eran más que una cuestión diplomática sin interés para dicho país, sin una política de financiamiento, seguimiento e implementación de los proyectos. Pero, colocaba como una excepción el caso de FUMEC, funcionando desde 1993, y dirigida en aquel entonces a cuestiones relacionadas al tratamiento de agua y salud en la frontera de México y Estados Unidos. Brown consideraba que FUMEC podía ser un prototipo de ejemplo de cooperación científica (Brown, *et al*, 1998). A trece años de su fundación la FUMEC continúa realizando una importante actividad de conexión entre las instituciones científicas estadounidenses y mexicanas, y en especial de la zona fronteriza. En el área de micro y nanotecnologías FUMEC trabaja con el propósito de integrar la industria mexicana y estadounidense a los

emprendimientos de desarrollo científico y tecnológico.

Una de las principales actividades de FUMEC en convenio con el Ministerio de Economía (2001) tiene como propósito facilitar la entrada en México del diseño, desarrollo, empaque y comercialización de MEMS/NEMS (Sistemas electromecánicos micro y nano). Para ello ha creado la Red de Centros de Diseño MEMS donde participan 11 instituciones de educación superior mexicanas con el objetivo de diseñar MEMS/NEMS, desarrollar proyectos industriales y fortalecer los programas académicos especializados. Otra actividad ha sido la creación del Centro de Articulación Productiva MEMS, en 2004, para facilitar la colaboración entre industria, academia, y tomadores de decisión, para desarrollar nuevos productos y negocios. Una tercera actividad fue la creación de la Red de Laboratorios de Innovación; una cadena articulada de desarrollo de MEMS/NEMS donde los prototipos serían realizados en la UNAM y la UACJ, la manufactura en el laboratorio del INAOE en Puebla, y el empaque en la UACJ en Chihuahua.

FUMEC también jugó un papel importante en la implementación del Laboratorio Binacional de Sustentabilidad (BNSL) una institución sin fines de lucro y no gubernamental que propone negocios tecnológicos a lo largo de la frontera. Comenzó sus actividades en 2005. Uno de los principales asociados son los Sandia National Laboratories; laboratorios militares estadounidenses con sede en la ciudad de Albuquerque en Nuevo México. Estos laboratorios trabajan con la filosofía de Grupo de Concepto Avanzado, que tiene el propósito de impulsar el desarrollo sustentable en la región fronteriza, reduciendo el estrés y aumentando las capacidades locales y la expansión empresarial. Las áreas estratégicas que definió son: empaque de MEMS, que apoye el Paso del Norte Packaging Cluster en investigación y desarrollo de productos y su comercialización; energía y materiales avanzados, para abaratar los costos en la zona fronteriza; y, agua, con desarrollos tecnológicos apropiados para la región. En todos los casos participan diversas instituciones científicas mexicanas, como la UACJ, el ITESM y el CIMAV y empresas estadounidenses.

Además, FUMEC ha venido colaborando en varios workshops sobre nanotecnología, en acuerdos de intercambio académico y de estudiantes y otras actividades de enlace. En los últimos años se han unido representantes canadienses, convirtiendo algunos de los emprendimientos en trilaterales (FUMEC, n/d).

Otras instituciones extranjeras e internacionales también tienen convenios de colaboración en nanotecnología con instituciones mexicanas. El Internacional Center for Nanotechnology and Advance Materials (ICNAM) es un consorcio resultado del convenio entre la UTexas-Austin y el CIMAV en la ciudad de Chihuahua, realizado en 2003. El propósito es promover las investigaciones conjuntas binacionales, el intercambio de profesores e investigadores y alumnos. Por la parte mexicana el consorcio integra a la UASLP, el ITESM, la UNAM, LA UANL, el IPICyT, el CIQA, el CINVESTAV, y el propio CIMAV (UTexas-A., n/d).

Por su parte, el CIMAV firmó un acuerdo, en 2005, con el UAlbany College of Nanoscale Science and Engineering de Albano NanoTech, para colaborar en investigación y educación de nanociencias. El acuerdo se centra en las áreas de optoelectrónica, nanofotónica, sensores químicos y biológicos, nanoestructuras moleculares y de carbono, nanopartículas y simulación computacional y modelación de nanoestructuras y nanosistemas (Azonano.com, 2005).

El mismo CIMAV es sede, desde el 2004, del Consorcio para proyectos de Nanotecnología, que es parte de la iniciativa del Sistema Nacional de Redes de Grupos y Centros de Investigación de CONACYT. También participa en este consorcio el IPICYT, el CIQA, el CICESE, el INAOE, además de varias empresas (grupo Cementos de Chihuahua, grupo de minería Peñoles, Delphi, Lexmark, Mabe, y Cydsa) (CIMAV, 2004; CONACYT, 2006).

El gobierno del estado de Texas pretende lanzar al Estado como líder mundial en el desarrollo de aplicaciones de Nanotecnología. Para impulsarlo cuenta con varias asociaciones. Una de ellas es la Asociación Estratégica para la Investigación en Nanotecnología (SPRING), una red entre UT-Austin, UT-Dallas, y UT-Arlington, y también participa Rice University de Atlanta y the Air Force Research Laboratory en Dayton, Ohio. Se cruza con este consorcio otros, como Nano at the Border, en el cual participan algunas unidades de la Universidad de Texas (Arlington, Austin, Brownsville, Dallas, Pan American) y fue creado para facilitar el intercambio académico y compartir instalaciones de investigación en nanotecnología como el Center for Nano- and Molecular Science and Technology de UT-Austin. Nano at the Border tiene el propósito de integrar estudiantes y recursos humanos de la comunidad hispánica (CNM, n/d). Estos consorcios y partnerships están facilitando acuerdos con universidades mexicanas directamente o a través de CONACYT. Este es el caso entre el ICNAM y el CIMAV en la ciudad de Chihuahua que ya mencionamos; o entre la UTexas-Dallas, que desde su NanoTech Institute ha establecido colaboraciones con la Universidad de Guanajuato, comenzando con el seminario Nanociencias para Aplicaciones Avanzadas: En el cruce de Disciplinas, y estancias de investigación de varios estudiantes mexicanos en la UT-Dallas (UTDallas, 2006).

Uno de los más promisorios contactos entre académicos y estudiantes de áreas científicas y de ingeniería de América Latina y Estados Unidos es el proyecto Pan American Advanced Study Institutes (PASI). "...es una iniciativa apoyada conjuntamente por el Departamento de Energía (DOE) y la National Science Foundation (NSF). Los PASI son cursos cortos de dos a cuatro semanas de duración que incluyen ponencias, demostraciones, seminarios de investigación y discusión a nivel de graduación avanzada y postgraduación. PASI busca diseminar el conocimiento científico e ingenieril avanzado y estimular el entrenamiento y la cooperación entre investigadores de América en los campos de las matemáticas, física, ciencias biológicas y ingeniería" (National Science Foundation, n/d). En el 2001 se realizó en Costa Rica el primer PASI dedicado a nanociencias (Physics and Technology at the Nanometer Scale) (Ulloa, 2002). Por lo menos otros ocho PASI más sobre temas de nanotecnología fueron realizados en diferentes países de América Latina. México participó con conferencistas y ponencias en varios, sino todos ellos. Estos seminarios crean las condiciones para que los estudiantes y académicos puedan conocerse personalmente e intercambiar conocimientos y experiencias.

Los intereses político-empresariales están presentes en la creación de parques industriales de alta tecnología. Se trata de espacios físicos con infraestructura y condiciones para la instalación de empresas nacionales y transnacionales, apoyadas por centros de investigación de alta tecnología. Los parques científicos y tecnológicos son centros de innovación. Pero, el éxito de estos parques en México va a requerir revertir la tendencia a la salida del país de empresas manufactureras, que ya tiene, por lo menos, una

década en México. A nivel mundial, y debido a varios avances técnicos de los últimos veinte años, como las telecomunicaciones, los sistemas de almacenamiento y transporte de mercadería más eficientes, y también regulaciones menos estrictas en cuestiones de medio ambiente o laborales, han permitido abaratar precios, y que empresas antes instaladas en Estados Unidos, por ejemplo, migraran a países del sudeste asiático. Esta tendencia incluye a personal calificado y actividades de diseño de prototipos y hasta la producción propiamente dicha. Mientras que países como China, Thailand y Singapore han aumentado la contribución de las manufacturas como porcentaje del Producto Bruto Interno desde 1990, tanto Estados Unidos como México han disminuido esta participación (Hung & León, 2005). Esta tendencia coloca en riesgo la instalación de parques industriales de C&T; más aún si se consideran las presiones que reciben los técnicos y científicos por migrar (fuga de cerebros) y la falta de formación científica en C&T de vanguardia en la educación primaria, secundaria y universitaria, que hace que los centros de posgrado en Nanotecnología en México puedan no contar con la oferta necesaria en cantidad y calidad.<sup>6</sup> Es bien conocido que una buena formación en ciencias y matemáticas en la educación primaria y secundaria han constituido la base para que algunos países (e.g. Corea del Sur) dieran un salto en su desarrollo. México no cuenta con esta condición.

El Silicon Border Development Science Park, se promociona como el primer parque de alta tecnología especializado en nanocomponentes de América Latina. Está ubicado en Mexicali, Baja California Norte y abarca un área de 400 hectáreas (Presidencia de la República, 2006). El propósito es crear un parque científico para que abastezca toda la cadena de la industria de los semiconductores y otras de alta tecnología. El proyecto comenzó en 2006 y se espera que se termine en diez años (TMC.net, 2005; Silicon Border, 2006).

El Gobierno del Estado de Puebla tiene la intención de crear un parque de alta tecnología en Huejotzingo. Se espera que este cluster pueda ofrecer productos para la industria médica y automovilística (García, 2007). Allí está instalado el INAOE, que está construyendo el Laboratorio Nacional de Nanoelectrónica con un cuarto limpio de la más alta clase, a partir de la donación, por Motorola en 2004, de una línea de fabricación de circuitos integrados (Calleja, n/d).

El Estado de Nuevo León está construyendo, desde el 2005, el Parque de Investigación e Innovación Tecnológica. Este parque es parte del proyecto de Ciudad del Conocimiento, donde se pretende atraer a los principales centros de educativos y de investigación de México a la ciudad de Monterrey. La UANL participa de este proyecto con el Centro de Innovación, Investigación y Desarrollo en Ingeniería y Tecnología, donde está ubicado el Laboratorio de Nanotecnología y Nanociencias. Otras instituciones de investigación ya prometieron su presencia. El CONACYT llevará al Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial y al CIMAV; el ITESM llevará al Centro de Investigación y Diseño Estratégico de Producto (CIDEP); la UAEM tendrá un Centro de Empaquetotecnia Avanzada; el IPN llevará al CINVESTAV; el Instituto del Agua de

---

<sup>6</sup> En un encuentro organizado por el Banco Mundial en febrero del 2007, el presidente del Banco urgió a los países en desarrollo a apoyar la ciencia, pero dijo que había que ser cuidadosos ya que “El peligro actual yace en promover políticas que ven a la Ciencia y Tecnología como conductores de progreso social y económico, antes que como componentes de programas de innovación en los cuales otros factores —desde política regulatoria a educación y entrenamiento— son igual de importantes” (SciDevNet, 2007).

Nuevo León también estará presente; varias empresas de software formarán un cluster y también se instalarán otras empresas (Monterrey, 2006).

The Paso del Norte MEMS/NEMS Packaging Cluster tiene como objetivo crear un corredor tecnológico entre Albuquerque, Nuevo México y la ciudad de Chihuahua. Entre medio se ubican Ciudad Juárez y El Paso, con la UACJ y la UT-El Paso jugando roles claves en términos científicos dentro del cluster. Este cluster incluye centros de investigación, empresas y los laboratorios militares Sandia, también tiene el apoyo de FUMEC.

De los acuerdos militares que se han hecho públicos destaca la firma, en 2005, del tratado *Security and Prosperity Partnership of North America* (SPPNA) entre México, Estados Unidos y Canadá, y dentro del marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. El tratado incluye la colaboración científica en I&D en diversas áreas, incluyendo la nanotecnología, bajo un marco directamente influenciado por los sectores militares (SPPNA, 2005; González Amador, 2006).

En abril de 2004, la Marina y Fuerza Aérea estadounidenses realizaron un forum en Washington D.C., llamado *Latin America Science & Technology Forum*, con el propósito de “incrementar el liderazgo de E.U.A en el conocimiento del progreso de la C&T en América” (ONRG, 2004a). Altos representantes de las instituciones civiles de C&T de Argentina (vice-director de CONICET), de Chile (Director de FONDEF-CONICYT) y de México (Director de Investigaciones Científicas del CONACYT) presentaron el estado de avance de la C&T en sus respectivos países, lo que constituye una muestra más de la conexión entre los intereses militares y científicos.

Otro tipo de conexión militar consiste en el apoyo, por parte de la armada norteamericana, a la realización de investigaciones en nanotecnología. Esto lo coordina el U.S. International Technology Center, que tiene como misión “Apoyar la identificación adquisición, integración y entrega de soluciones extranjeras tecnológicas al soldado para asegurar la superioridad tecnológica en el combate” (U.S. Army ITC-Atlantic, n/d). Para fines organizativos existen el ITC-Atlantic, con cobertura para Europa, África, y parte de Asia, incluyendo el área de la ex Unión Soviética; el ITC-Pacific, con cobertura para el resto de Asia y cono sur de África; y, en 2004, se funda el ITC-Americas en Santiago de Chile, con cobertura para toda América y el Caribe, incluyendo Canadá (U.S. Army ITC-Atlantic, n/d b).<sup>7</sup>

La Navy, en asociación con la Air Force, realizaron tres seminarios internacionales en América Latina sobre uno de los principales temas de interés del Departamento de Defensa de los Estados Unidos: los materiales multifuncionales (NMAB, capítulo 3, 2003).<sup>8</sup> El primero fue realizado en Chile, en 2002, donde participó

---

<sup>7</sup> La intención del ITC-Américas es: “... promover las relaciones cooperativas entre el ejército de Estados Unidos y entidades del sector privados, universidad y gobierno civil en I&D que resulten en la cooperación científica de punta que beneficien a las instituciones civiles y apoyen los actuales programas del ejército de Estados Unidos y sus futuros objetivos” (International Division U.S. Army Research, Development and Engineering Command, 2004).

<sup>8</sup> Materiales multifuncionales son materiales que reúnen la doble propiedad de desarrollar funciones de integridad estructural (durabilidad, sobrevivencia, seguridad) y al mismo tiempo funciones eléctricas, magnéticas, ópticas, térmicas, biológicas, etc. La base de estos nuevos materiales es la micro y nanotecnología, y es uno de los intereses básicos de la I&D en América Latina, tanto de la Armada como de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (AFOSR, 2005).

un investigador de México; el segundo fue realizado en Huatulco, Oaxaca, México, en 2004, donde participaron 3 investigadores de México; y el tercer seminario fue realizado en 2006 en Argentina (ONR, 2002, 2004, 2006).

A pesar de lo poco que se conoce sobre los acuerdos militares bi o multinacionales, es un tema que no debe de menospreciarse, ya que la “revolución de la Nanotecnología” ha nacido en Estados Unidos fuertemente ligada a las investigaciones militares. Desde que Estados Unidos lanzó su National Nanotechnology Initiative en el año 2000 se destinó entre un cuarto y un tercio del presupuesto federal para investigaciones directamente militares (EOPUS, 2005). Esta política, como anota Altmann (2006), induce a otros países a invertir en nanotecnologías bélicas. Además, la Mayoría de las grandes universidades estadounidenses tienen proyectos de investigación financiados por el Departamento de Defensa (DOD) y algunos convenios con industrias militares; de manera que cuando los centros de investigación mexicanos entran en los consorcios de colaboración se facilita la integración con los intereses militares. El Cluster de Paso del Norte, por ejemplo, incluye a los Sandia National Laboratories de Albuquerque. Y, el Bi-National Sustainability Laboratory tiene como asociados a los laboratorios Sandia. Aún cuando instituciones militares estadounidenses puedan realizar investigación civil, ¿no debe ser ésta sólo un subproducto de una investigación directamente militar, según la enmienda Mansfield de 1973?<sup>9</sup>

### **Consideraciones finales sobre el camino mexicano a las nanotecnologías**

El camino seguido por México en la nanotecnología sorprende tanto por su rápido crecimiento de los últimos años, como por lo ambicioso de sus objetivos. Pero también despierta dudas que merecen investigaciones puntuales. Por ejemplo,

- Desde Estados Unidos hasta Tailandia y desde Brazil hasta México, todos los países justifican sus gastos públicos en nanotecnología por la necesidad de aumentar la competitividad. La nanotecnología promete ser la próxima revolución industrial, de manera que aquellos países que no logren incorporarse podrían quedar fuera de la nueva redistribución industrial. Además, la economía mundial se basa crecientemente en el conocimiento y la innovación tecnológica, lo cual coloca en desventaja aquellos países que no invierten en educación y conocimiento. En este contexto la nanotecnología aparece como una necesidad, en lugar de una opción. Pero, la competitividad no es sólo el resultado del esfuerzo individual localizado. Para ser competitivamente exitoso es necesario que muchos otros pierdan; esta es la ley que el mercado impone. La carrera de varias regiones y/o estados de México por desarrollar parques científico-industriales de alta tecnología puede implicar la competencia entre ellos, aumentando la posibilidad de que varios de estos emprendimientos se conviertan en grandes fracasos económicos y ecológicos. ¿No podría la ausencia de un proyecto nacional que garantice un desarrollo planificado agudizar la competencia intra nacional, debilitando el posicionamiento internacional de México?
- ¿Por qué las empresas transnacionales querrían instalarse en México? La cercanía geográfica es una razón, pero no necesariamente la más importante. Tal vez sean de importancia las regulaciones y reglamentaciones. En Estados Unidos los potenciales

---

<sup>9</sup> La controvertida enmienda Mansfield de 1973 limitaba expresamente las adjudicaciones para investigación en defensa (mediante el ARPA/DARPA) a proyectos con aplicaciones militares directas (Wikipedia).

riesgos a la salud y el medio ambiente de las nanopartículas está en la agenda política. A medida que se tenga información más fidedigna y se comience a reglamentar la investigación y producción de y con nanopartículas, los costos por seguridad y control aumentarán en Estados Unidos. Es probable que algunas empresas busquen evadir dichos costos, trasladándose a países donde éstos sean menores o inexistentes, o puedan ser evadidos. ¿No podría una eventualidad como ésta llevar a complicaciones ambientales y conflictos sociales que contrarresten los posibles beneficios de las nanotecnologías? Como ya señalamos, la discusión sobre riesgos y reglamentación de nanotecnología ni siquiera está en la agenda política en México.

- Crear en pocos años parques industriales de alta tecnología no es sólo una cuestión de infraestructura. Si los emprendimientos tienen éxito, el requerimiento de técnicos y científicos calificados debe ser sustentable en el tiempo. A pesar que ya existen varios postgrados en nanotecnología en México (IPICYT, BUAP, IMP, UANL, CIMAV, UNAM, UANL, CINVESTAV, etc.), el gasto público mexicano en C&T ha tendido a decrecer en lo que va de esta década. Además, el espíritu de la incorporación mexicana a la nanotecnología es claramente top-down, creando centros de excelencia a nivel de postgraduación, pero sin contar con un sistema de educación primaria, secundaria y universitaria que los respalde. Este proceso puede presionar para empeorar la calidad del ingreso a los posgrados de excelencia, o bien reducir su oferta. Si en Estados Unidos, Europa y Canadá ya existen preocupaciones por la escasez de científicos en nanotecnología, y por el hecho de que científicos chinos e hindúes comienzan a regresar de Estados Unidos a sus países de origen, ¿podrá México, con una oferta científico-técnica muy reducida, abastecer las exigencias de los parques científico-industriales de alta tecnología y nuevos centros de investigación en nanotecnología? El aumento de los convenios de enseñanza bilateral, por el ejemplo el ICNAM, que facilitan la realización de estadías de posgraduación en Estados Unidos, o el establecido entre la UGTO y la UTexas-Dallas, ¿no tenderá a incrementar la fuga de cerebros de México hacia Estados Unidos?
- La orientación de la nanotecnología en México está explícitamente justificada por la posibilidad de aumentar la competitividad. Además hay un expreso interés por atraer capitales. Tanto el aumento de la competitividad como los capitales se regulan por la ganancia. Siendo que no existen en México mecanismos de discusión pública sobre la orientación de la C&T, ¿no se corre el riesgo de que el desarrollo de las nanotecnologías favorezcan la competitividad descuidando la satisfacción de las necesidades sociales y agudizando la ya exacerbada inequidad interna?

## Referencias

- Acosta, Michael (2006). Paso del Norte MEMS/NEMS Packaging Cluster. <http://www.fumec-iberomems.org/imagenes/Mike%20Acosta.pdf> Consultado febrero 27, 2007.
- AFOSR (Air Force Office of Scientific Research) (2005). AFOSR Research Interests for Latin America. <http://www.prp.rei.unicamp.br/portal/mensagens/2005%20AFOSR%20Latin%20American%20Research%20> Consultado octubre 2, 2006.
- Aguirre Villafaña, Juan (n/d). Llegaron a la UANL Nanociencias y Nanotecnología. Fuerza y transformación industrial, cultural y social. Facultad de Ciencias Físico

- Matemáticas. Universidad Autónoma de Nuevo León.  
<http://www.fcfm.uanl.mx/ifi/nano/Nota3.pdf> Consultado febrero 12, 2007.
- Almeida, Carla. (2005). Brazil and Argentina Launch Joint Nanotech Center. *SciDev.Net*  
<http://www.scidev.net/news/index.cfm?fuseaction=readnews&itemid=2537&language=1> Consultado enero 03, 2006.
- Altmann, J. (2006). *Military Nanotechnology: Potential Applications and Preventive Arms Control*. Abingdon/New York: Routledge.
- Azonano.com (2005). UAlbany NanoTech College Signs Agreement With Mexico's Leading Materials Laboratory Fostering Research and Student Exchange. News, Mayo 02, 2005. <http://www.azonano.com/news.asp?newsID=847> Consultado febrero 20, 2007.
- Berlanga Subyaga, Claudia (2004). Cooperación Ciencia y Tecnología Unión Europea – México. (Power Point Presentation)  
[http://www.cudi.edu.mx/primavera\\_2004/presentaciones/CLaudia\\_Berlanga.pdf](http://www.cudi.edu.mx/primavera_2004/presentaciones/CLaudia_Berlanga.pdf)  
 Consultado febrero 17, 2007.
- Brown, George E. Jr., Sarewitz, Daniel & Quear, Michael (1998, Fall). International Scientific Cooperation. *Issues in Science and Technology*, Fall.  
<http://www.issues.org/15.1/update.htm> Consultado febrero 15, 2007.
- Calleja Arriaga, Wilfredo (n/d). Laboratorio Nacional de Nanoelectrónica. Presentación Power Point. <http://www.fumec.org.mx/espanol/recursos/15-INAOEP.pdf>  
 Consultado febrero 16, 2007.
- Calles, A. (2005). Collaboration between the U.S. and Mexican national Academies of Sciences. Nanosciences networks in Mexico. The Case of the National University of Mexico. San Luis Potosí.  
<http://www.fumec.org.mx/ingles/programs/newopp/3-Alipio%20Calles.pdf>  
 Consultado febrero 16, 2007.
- CIMAV (Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C.). (2004) Anuario CIMAV 2004. CIMAV, CONACYT.  
<http://www.conacyt.mx/Centros/Anuarios/2004/ANUARIO-2004-CIMAV.pdf>  
 Consultado febrero 20, 2007.
- CNM (The Center for Nano- and Molecular Science and Technology). (n/d). About CNM. [http://www.cnm.utexas.edu/partnerships\\_nanoatborders.htm](http://www.cnm.utexas.edu/partnerships_nanoatborders.htm) Consultado febrero 27, 2007.
- Comisión de Ciencia y Tecnología, Senado de la República (2005). Dictamen de la Comisión de Ciencia y Tecnología a la propuesta con punto de acuerdo por el que el Senado de la Republica exhorta al CONACYT, a la UNAM y al Instituto Politécnico Nacional, y a todas las demás universidades y centros de investigación públicos y privados, así como al sector empresarial, para que instrumenten un programa nacional de emergencia. *Gaceta Parlamentaria*, 145, Diciembre 15, 2005.  
<http://www.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/index.php?sesion=2005/12/15/1&documento=101> Consultado abril 4, 2006.
- CONACYT (2002). *Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. <http://dct.cicese.mx/cuaderno.pdf>. También véase Tomo II, <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/docs/contenido/PECYTII.pdf>  
 Consultado febrero 15, 2006.

- CONACYT (2006). Informe General del Estado de la Ciencia y Tecnología. México.  
[http://www.siiicyt.gob.mx/siiicyt/docs/contenido/IGECyT\\_2006.pdf](http://www.siiicyt.gob.mx/siiicyt/docs/contenido/IGECyT_2006.pdf) Consultado febrero 16, 2007.
- EOPUS (Executive Office President United States). (2005). The National Nanotechnology Initiative. [http://www.nano.gov/NNI\\_06Budget.pdf](http://www.nano.gov/NNI_06Budget.pdf) Consultado octubre 18, 2006.
- Foladori, G. (2005). Nanotecnología en Argentina, corriendo tras la liebre. Euroresidentes-Nanotecnología.  
<http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/articulos/nanotecnologia-en-argentina.htm> Consultado febrero 15, 2007.
- Foladori, G. (2006a). Nanotechnology in Latin America at the Crossroads. *Nanotechnology Law & Business Journal*, 3(2), 205-216.
- Foladori, G. (2006b). La influencia militar estadounidense en la investigación de las nanotecnologías en América Latina. *Rebelión*, Noviembre, 08.  
<http://www.rebellion.org/noticia.php?id=40794> Consultado febrero 21, 2007.
- FUMEC, (n/d). *Biennial Activities Report 2004-2005*.  
[http://www.fumec.org.mx/ingles/annual/informe\\_completo\\_eng.pdf](http://www.fumec.org.mx/ingles/annual/informe_completo_eng.pdf) Consultado febrero 20, 2007.
- García León, Mauricio (2006). Una realidad, el clúster tecnológico en Puebla. *Intolerancia*. Septiembre 07. [http://209.85.7.40/~wwwinto/cgi-bin/cgis/Seccion.pl?id\\_seccion=12&anio=2006&mes=9&dia=7&pagina=1](http://209.85.7.40/~wwwinto/cgi-bin/cgis/Seccion.pl?id_seccion=12&anio=2006&mes=9&dia=7&pagina=1) Consultado febrero 17, 2007.
- Gonzalez Amador, Roberto (2006). Abre el gobierno la puerta a los experimentos con nanotecnología. *La Jornada*. Julio 31, 2006.  
<http://www.jornada.unam.mx/imprimir.php?fecha=20050731&nota=024n1eco.php&seccion=nota> Consultado agosto 16, 2006
- Hung, W. N. P. & León, V. J. (2005). Micromanufacturing to Bridge Macro and Nano Worlds. Conference Presentation: *SME/CIRP International Conference on Manufacturing Engineering Education*. Junio 22-25, 2005. Cal Poly State University in San Luis Obispo, California.  
[mmmlab.tamu.edu/publication/MfEE\\_Hung\\_Leon\\_21Mayo05.pdf](http://mmmlab.tamu.edu/publication/MfEE_Hung_Leon_21Mayo05.pdf) Consultado febrero 12, 2007.
- International Division U.S. Army Research, Development and Engineering Command (2004 Noviembre). U.S. Army International Technology Center of the Americas Opens in Santiago. *REDECOM, Magazine*.  
[www.redecom.army.mil/rdmagazine200411/part\\_ITC.html](http://www.redecom.army.mil/rdmagazine200411/part_ITC.html) Consultado octubre 6, 2006
- IPICYT (Instituto Potosino de Ciencia y Tecnología). (2002). *Programa Nacional de Nanociencia y Nanotecnología. Para Desarrollar Nuevas Bases Tecnológicas*  
<http://www.ipicyt.edu.mx/eipicyt/eventosynoticias/Reunion2002Nanotecnologia.pdf> Consultado febrero 15, 2007.
- Lieffering, Volker (2004). Study on the Nanotechnology and Microsystems Technology Sector in Mexico. Utrecht: Malsch TechnoValuation.
- Malsch, Ineke & Lieffering, Volker (2004). Nanotechnology in Mexico. Nano Tsunami.  
<http://www.voyle.net/Guest%20Writers/Drs.%20Ineke%20Malsch/Malsch%202004-0001.htm> Consultado febrero 15, 2007.

- MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). (2004a) O Programa de Nanotecnologia. <http://www.mct.gov.br/Temas/Nano/programanano.htm> Consultado enero 05, 2006.
- MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). (2004b). Portaria MCT nº 614, de 1º.12.2004. [www.mct.gov.br/legis/portarias/614\\_2004.htm](http://www.mct.gov.br/legis/portarias/614_2004.htm) Consultado octubre 10, 2005.
- Monterrey, ciudad internacional del conocimiento (2006). Parque de investigaciones e innovación tecnológica. Noticias, septiembre 04, 2006/ número 5. [http://www.mtycic.com.mx/noticias\\_innovacion05sep.htm#3](http://www.mtycic.com.mx/noticias_innovacion05sep.htm#3) Consultado febrero 20, 2007.
- National Science Foundation (n/d). Pan-American Advanced Studies Institutes Program (PASI). [http://www.nsf.gov/funding/pgm\\_summ.jsp?pims\\_id=5327](http://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=5327) Consultado febrero 27, 2007.
- NMAB (National Materials Advisory Board). (2003). *Materials Research to Meet 21st Century Defense Needs*. Washington D.C.: The National Academies Press.
- ONR (Office of Naval Research). (2002). ONR International Workshop on Multifunctional Materials. <http://www.phy.ohiou.edu/~isfmm/index2002>. Consultado septiembre 25, 2006.
- ONR (Office of Naval Research). (2004). ONR International Workshop on Multifunctional Materials II. <http://www.phy.ohiou.edu/~isfmm/index2004> Consultado septiembre 25, 2006.
- ONR (Office of Naval Research). (2006). ONR International Workshop on Multifunctional Materials III. <http://www.phy.ohiou.edu/~isfmm> Consultado septiembre 25, 2006.
- ONRG (Office of Naval Research Global). (2004). *Regional Offices. Latin America*. Forum [www.onrglobal.navy.mil/scitech/regional/latin\\_america\\_forum.asp](http://www.onrglobal.navy.mil/scitech/regional/latin_america_forum.asp) Consultado octubre 07, 2006
- PUNTA (Proyecto Universitario de Nanotecnología). (2004). Proyecto Universitario de Nanotecnología. [http://inter.fciencias.unam.mx/punta/index.php?option=com\\_content&task=category&sectionid=5&id=22&Itemid=39](http://inter.fciencias.unam.mx/punta/index.php?option=com_content&task=category&sectionid=5&id=22&Itemid=39) Consultado febrero 20, 2007.
- QuimiNet.com (2005). México, com científicos de alto nivel en nanotecnología, pese a la falta de impulso. Noticia. Agosto 18. Tomada de *La Jornada*. [http://www.quiminet.com.mx/nt3/nt\\_%259F%25D0J%25C7WQ%257B%255B.htm](http://www.quiminet.com.mx/nt3/nt_%259F%25D0J%25C7WQ%257B%255B.htm) Consultado febrero 16, 2007.
- Ramos, Claudia (2004). Al pie de la segunda revolución industrial. *Milenio Diario*. Tomado de Noticias CONACYT. [http://cquick.conacyt.mx/QuickPlace/direccion\\_de\\_comunicacion\\_social/Main.nsf/2a1fb3846ca143220525670800167222/0cf3012e6c6f1e8a86256ebc0048e72e?OpenDocument](http://cquick.conacyt.mx/QuickPlace/direccion_de_comunicacion_social/Main.nsf/2a1fb3846ca143220525670800167222/0cf3012e6c6f1e8a86256ebc0048e72e?OpenDocument) Consultado febrero 20, 2006.
- SciDevNet. (2007) Investing in science: a cautionary tale. Febrero 22, 2007. <http://www.scidev.net/Editorials/index.cfm?fuseaction=readEditorials&itemid=211&language=1> Consultado febrero 22, 2007.
- Silicon Border (2006). Welcome to Silicon Border! <http://www.siliconborder.com>. Consultado febrero 26, 2007.
- SPPNA (Security and Prosperity Partnership of North America). (2005). *Report to the Leaders. Prosperity Annex*.

- [http://www.spp.gov/report\\_to\\_leaders/prosperity\\_annex.pdf?dName=report\\_to\\_leaders](http://www.spp.gov/report_to_leaders/prosperity_annex.pdf?dName=report_to_leaders) Consultado agosto 16, 2006.
- Suframa (Superintendencia de la zona franca de Manaus). (2007 Febrero). NANOFORUMEULA: Colaboraciones de Investigación y Desarrollo en Nanotecnología entre La Unión Europea y América Latina. *Minapim News*, 9. <http://www.suframa.gov.br/minapim/news/visArtigo.cfm?Ident=374&Lang=ES> Consultado febrero 16, 2007.
- TMC.net, (2005). Silicon Border Breaks Ground... Julio 11, 2005. <http://www.tmcnet.com/usubmit/2005/jul/1162162.htm> Consultado febrero 22, 2007.
- U.S. Army ITC-Atlantic (Internacional Technology Center-Atlantic) (n/d a). Mission. [www.usaitca.army.mil/home.html](http://www.usaitca.army.mil/home.html) Consultado septiembre 28, 2006.
- U.S. Army ITC-Atlantic (International Technology Center-Atlantic). (s/f b). Worldwide USAITCs [http://www.usaitca.army.mil/ww\\_usaitcs.html](http://www.usaitca.army.mil/ww_usaitcs.html) Consultado octubre 17, 2006
- Ulloa, Sergio E. (2002). Nanoscience in Latin America. *Journal of Nanoparticle Research* 4: 175–177.
- UTDallas community (2006). Nano at the Border. <http://www.nanotech.utdallas.edu/community/natb/index.html> Consultado febrero 07, 2007.
- UTexas-A (n/d) International Center for Nanotechnology and Advance Materials. <http://www.engr.utexas.edu/icnam/> Consultado febrero 16, 2007.

**Acrónimos de universidades, centros, fundaciones de investigación o apoyo a la nanotecnología**

BNSL. Binational Sustainability Laboratory (BNSL). Paso del Norte, NM, y Chihuahua.  
BUAP. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla.  
CICESE. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Baja California Norte.  
CIMAV. Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados. Chihuahua y otras ciudades.  
CINVESTAV. Centro de Investigación y Estudios Avanzados. Ciudad de México y otras ciudades.  
CIO. Centro de Investigaciones en Óptica. Guanajuato.  
CIQA. Centro de Investigación en Química Aplicada. Coahuila.  
FUMEC. Fundación México – Estados Unidos para la Ciencia.  
ICNAM. Internacional Center for Nanotechnology and Advance Materials. Austin- Chihuahua.  
IMP. Instituto Mexicano del Petróleo. Ciudad de México y otras ciudades.  
INAOE. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. Puebla.  
ININ. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Estado de México.  
INNyN. Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía. Ciudad de México.  
IPICyT. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica. San Luis Potosí.  
IPN. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México y otras ciudades.  
ITESI. Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Guanajuato.  
ITESM. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey y otras ciudades.  
SePI-ESIME. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Ciudad de México.  
U de G. Universidad de Guadalajara. Jalisco.  
UAC. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Chihuahua.  
UAEM. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca y otras ciudades.  
UAM-I. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Ciudad de México.  
UANL. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León.  
UASLP. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí.  
UGTO. Universidad de Guanajuato. Guanajuato.  
UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México y otras ciudades.  
UNITEC. Universidad Tecnológica de México. Ciudad de México y otras ciudades.  
UPP. Universidad Politécnica de Pachuca. Hidalgo.  
UV. Universidad Veracruzana. Veracruz.