



**Programa Nacional de Nanociencia y
Nanotecnología
Para Desarrollar Nuevas Bases
Tecnológicas**

Septiembre del 2002

Objetivo

Establecer un Programa Nacional de Nanociencia y Nanotecnología, que apoye y convoque a los grupos que ya realizan investigación sobre estos temas y que también promueva la formación de nuevos grupos y recursos humanos, para que mediante un esfuerzo conjunto y articulado, a través de proyectos multidisciplinarios, se desarrollen tanto investigaciones básicas, como productos y procesos, que culminen con nuevas tecnologías para que coadyuven a las soluciones de problemas nacionales en áreas como: la energía, la medicina, las comunicaciones, la agricultura, la educación, etc.

Introducción

Con la reciente aprobación de la nueva Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica, el país puede contar con Programas Nacionales que impulsen las investigaciones en distintos campos.

La infraestructura humana y material de grupos que realizan investigación en Nanociencia y Nanotecnología en México es importante y ha demostrado ser exitosa y competitiva a nivel internacional. Consideramos que generar un Programa de esta naturaleza podría arrojar frutos a mediano y a corto plazo, que se verían reflejados como una aportación importante en la solución de problemas prioritarios del país como son: el de la energía, la contaminación, la salud, las comunicaciones, la alimentación de las clases menos favorecidas, etc., problemas que están directamente relacionados con las tareas asignadas a diferentes Secretarías de Estado tales como: Energía, Salud, Medio Ambiente, Agricultura, Industria y Comercio, Telecomunicaciones y Transportes, Seguridad Nacional (Defensa y Procuraduría General de la República) y Educación. La creación de Programas Nacionales bien articulados contribuyen además a la formación de recursos humanos especializados que son tan importantes para el desarrollo sustentable del país.

Además con un programa de esta naturaleza, se verá fortalecida la actividad multidisciplinaria de la ciencia, al lograr vincular diferentes disciplinas como la física, la ciencia de materiales, las matemáticas, la ingeniería, la medicina, la química, la biología, etc.

La disminución de las dimensiones de instrumentos y elementos de dispositivos que se ha venido dando en diversas áreas de la industria de alto nivel ha resultado en avances tecnológicos sin precedentes con gran impacto económico y social. Si se realiza un estudio de los últimos 15 años se puede

observar que los instrumentos y dispositivos tecnológicos se han miniaturizado de forma importante dejando de ser un sueño la posibilidad de llegar a tamaños a nivel molecular y así poder generar y controlar materiales y dispositivos, átomo por átomo o molécula por molécula. Países industrializados como los Estados Unidos de América, Japón, Alemania, Suiza, Suecia y Francia, así como otros incluidos en la Unión Europea, están dedicando cada vez más importantes recursos humanos y económicos especiales a una nueva área que promete ser la siguiente Revolución Industrial: La Nanotecnología. Es evidente para las altas autoridades de esos países que su apoyo y promoción es uno de los factores que les permitirá continuar a la vanguardia cultural y económica a nivel mundial.

La razón principal de que los países industrializados hayan decidido dedicar recursos sin precedente a la Nanociencia y la Nanotecnología es el alto impacto que éstas han mostrado en áreas tales como: materiales y manufactura, nanoelectrónica, nanomagnetismo, medicina y salud, energía, medio ambiente, biotecnología, agricultura, tecnología de la información y seguridad nacional. Es claro que este impacto se revertirá, en un futuro cercano, en beneficio para la sociedad y las naciones.

En enero de 2000 el Congreso de los Estados Unidos anunció una iniciativa Nacional de Nanotecnología con recursos iniciales de 422 millones de dólares, los que se incrementaron a 463 millones en 2001, 604 millones en 2002 y 710 millones en 2003, dedicando el 70% de estos recursos a Centros de Investigación y Universidades para que se dedicaran al desarrollo de nanoestructuras para aplicaciones tecnológicas. Japón dedicó en 2001, 430 millones de dólares a investigación en nanotecnología, de los cuales 250 millones de dólares se canalizaron a investigación básica. Dada la importancia de esta área del conocimiento, México podría ser el cuarto país en América que cuente con un programa nacional en Nanotecnología, ya que, además de los EE. UU, tanto Canadá como Brasil cuentan con el suyo.

No obstante que en México ya hay grupos de investigadores que trabajan a la vanguardia en Nanociencias y que obtienen resultados del más alto nivel compitiendo con grupos internacionales, no se cuenta todavía con una iniciativa que apoye esta área estratégica nacional para desarrollar aplicaciones que puedan repercutir en beneficio de la sociedad y de la economía del país. Debido a su importancia en el escenario del desarrollo tecnológico mundial, el gobierno de México debe apoyar la Nanotecnología a través de proyectos de corto, mediano y largo plazo (por ejemplo, 5, 10 y 15 años, respectivamente) Las Nanociencias y la Nanotecnología están en una etapa temprana que necesita de un impulso sin precedentes que permita el establecimiento de infraestructura y la generación de recursos humanos y grupos de investigación básica y tecnológica de tal forma que México pueda acompañar el desarrollo internacional en esta área. En otros países se está consciente de esta problemática y consideran que los productos más importantes de la Nanotecnología se tendrán en tan sólo unos 5 años. Hay que tomar en cuenta, que este campo es relativamente reciente y

México cuenta con el potencial para poder explotar y desarrollar nuevas tecnologías con un sello nacional.

Para discutir la creación de una iniciativa mexicana en nanociencias y nanotecnología, se reunieron en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica 31 investigadores de diversas instituciones nacionales y extranjeras, del 15 al 17 de mayo del año en curso. Esa reunión fue apoyada por el IPICyT dentro del proyecto que en esa materia financia la Iniciativa Científica del Milenio.

Como resultado de esa reunión surge este documento. El grupo de investigadores que propone esta iniciativa está convencido de su factibilidad y sugiere que su financiamiento provenga de recursos económicos extraordinarios, adicionales a los ya existentes, a fin de que no se afecte a programas de excelencia ya establecidos y que deben de prevalecer.

Impacto de la Nanotecnología y las Nanociencias

El impacto de las Nanociencias y Nanotecnología es múltiple y entre otros aspectos se pueden mencionar:

1- Síntesis de nuevos materiales y sistemas nanoestructurados. Un aspecto importante y fundamental del programa, que se considera viable dada la experiencia de la comunidad mexicana en nuevos materiales, es la producción de las muestras. Ya hay grupos que están a la vanguardia en preparación de materiales nanoestructurados; sin embargo, se requiere de toda una infraestructura consolidada en síntesis para tener un efecto importante en la generación de nuevos materiales. Es fundamental contar con instalaciones nacionales dedicadas a la preparación de nanoestructuras. De hecho, se puede considerar que este es un aspecto estratégico de alta prioridad, ya que de esta forma dejaríamos de ser únicamente consumidores y caracterizadores de la tecnología extranjera.

2- Materiales y Manufactura. La Nanotecnología cambiará fundamentalmente la forma en que los materiales y dispositivos son fabricados. Se tendrán que crear nuevas industrias que substituyan a las de fabricación y manufactura de materiales y procesos obsoletos. Ya es una realidad hablar de materiales 50 veces más resistentes que el acero y 5 veces más ligeros, de nanoconductores, de nanoswitches electrónicos, de transistores de un sólo electrón, de almacenamiento de gases y de materiales en espacios nanométricos, etc.

3- Nanoelectrónica y tecnología de cómputo. La industria electrónica a nivel mundial dedica grandes esfuerzos a reducir cada vez más el tamaño de sus dispositivos, así como aprovechar los nuevos descubrimientos e implementarlos en sistemas de alto almacenamiento de información, sensores, pantallas

ultradelgadas, microprocesadores más rápidos, robots, etc. La Nanotecnología provee respuestas y alternativas a la industria del silicio. Los nuevos desarrollos en la optoelectrónica tendrán como componentes fundamentales sistemas nanoestructurados.

4- Medicina y Salud. Las funciones de los sistemas vivos están gobernadas por el comportamiento molecular a escalas nanométricas. Para obtener avances en este sentido es fundamental recurrir a varias disciplinas como la biología, la física, la química y las matemáticas de tal manera que la nanobiotecnología se pueda consolidar. Las estructuras fundamentales para la vida como son las proteínas, los ácidos nucleicos, los lípidos, los carbohidratos, etc., son ejemplos de estructuras que poseen propiedades únicas debidas a su tamaño, y su funcionamiento puede ser estudiado a nivel nanométrico. La caracterización genética específica podrá llevarse a cabo usando Nanotecnología. También se pretende recurrir al autoensamblaje usado en estructuras biológicas para controlar la producción de nanoestructuras inorgánicas. Entender la interacción de la materia viva con la inerte a nivel atómico dará luz en combatir el rechazo de implantes y poder generar biomateriales molécula por molécula.

La creación de medicinas inteligentes que actúen y se dirijan a nivel celular será posible gracias a la Nanotecnología. La investigación en materiales biomiméticos se verá favorecida con la investigación multidisciplinaria en Nanociencias. El desarrollo de nanomáquinas inspiradas en virus y bacterias contribuirá al entendimiento y resolución de problemas de salud con estrategias multidisciplinarias.

5- Medio ambiente y energía. La Nanotecnología tiene un gran potencial para hacer que el consumo de energía sea más eficiente y menos contaminante. El diseño de nanocircuitos con bajo consumo de energía, la aplicación de nanoestructuras luminiscentes a la señalización, iluminación de áreas públicas, residenciales e industriales y en la elaboración de pantallas y avisos luminosos evitarán el desperdicio de energía que se presenta con las lámparas incandescentes. El diseño de nuevos catalizadores nanoestructurados permitirá mejorar la industria petroquímica nacional. El desarrollo de nuevos sensores de contaminantes permitirá tener un mejor control de emisiones. La participación de PEMEX en estos proyectos es fundamental.

6- Biotecnología y agricultura. La integración del material biológico y las propiedades de materiales inorgánicos ofrece un gran potencial para el diseño de nuevas estructuras con propiedades específicas. Imitar a las estructuras biológicas y su funcionamiento es un área de intensa investigación llamada química biomimética. Con base en lo anterior es claro que las Nanociencias contribuirán de forma relevante al avance en la agricultura, usando ingeniería molecular para diseñar químicos biodegradables para nutrir a las plantas, por ejemplo.

7.- **Industria y nanotecnología.** A nivel mundial las grandes industrias internacionales están invirtiendo en investigación y desarrollo de productos originados en la Nanotecnología. Ejemplos son: las de la microelectrónica, la informática y de polímeros, las cuales se verán considerablemente enriquecidas con el desarrollo de materiales nanoestructurados. Sin embargo, muchas industrias privadas de mediano y pequeño porte no lo han hecho todavía debido a que los resultados esperados son a largo plazo (más de 5 años). Por lo anterior es necesario que una buena parte del financiamiento provenga del gobierno federal. La investigación y el desarrollo en Nanotecnología requiere de la inversión federal a largo plazo.

8- **Ciencia, educación y difusión.** Los avances en Nanociencias se verán reflejados en las diversas disciplinas como la física, la química, la ciencia de materiales, la biología, las matemáticas la ingeniería y muchas otras más que a su vez tendrán un efecto importante en como se enseñan estas disciplinas. Las ciencias de la ingeniería se involucrarán cada vez más con los fenómenos descritos por la mecánica cuántica. La naturaleza multidisciplinaria de las Nanociencias abrirá el panorama de como interactuar y resolver problemas complejos en el futuro.

Industrias y Usuarios de Nanotecnologías en México

Existen en México un número importante de industrias que demandan, o demandarán en un futuro próximo, personal altamente capacitado en estas áreas, así como desarrollos tecnológicos en nanotecnología. Entre las industrias que serán usuarias de estas tecnologías destacan por su dimensión y el impacto económico en el país las siguientes:

- PEMEX
- VITRO
- GIRSA
- RESISTOL

Al respecto ya se establecieron los primeros contactos con el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de RESISTOL, con la finalidad de estudiar materiales compuestos de nanoestructuras de carbono y plásticos conductores. En esta misma dirección se cuenta la colaboración del Centro de Investigación en Química Aplicada CIQA.

Empresas internacionales como Hitachi, IBM y Philips han establecido contacto con científicos del IPICYT para el desarrollo de nanoestructuras emisoras de electrones.

Investigación en México

Siguiendo la experiencia de Estados Unidos de Norteamérica y la realidad de la ciencia en nuestro país, el apoyo de la Nanociencia y Nanotecnología en México debe estructurarse y organizarse de tal manera de que se evite la duplicación de esfuerzos y se trabaje coordinada y sinérgicamente con un fin común a través de proyectos multi-institucionales y multidisciplinarios.

Algunos de los desarrollos que podrán ser realizados con base en este programa son: Materiales catalíticos para ser aplicados por las industrias petrolera y vidriera, prototipos de sensores cada vez más eficientes y miniaturizados, nuevos dispositivos optoelectrónicos, rotuladores de muestras muy pequeñas, materiales compuestos de ultra alta dureza, pinturas conductoras, emisores de electrones eficientes para pantallas ultradelgadas y dispositivos para microscopía de fuerza atómica, nuevos materiales para evitar rechazo en implantes médicos, nuevos dispositivos de almacenamiento de combustible, sistemas de almacenamiento magnético de alta capacidad, materiales que imiten a la naturaleza, nuevos polímeros magnéticos y conductores, materiales adsorbentes para descontaminación, etc.

En particular, los procesos de catálisis se verán fuertemente favorecidos con nanotecnología; específicamente en:

- El diseño molecular y síntesis de materiales catalíticos nanoporosos.
- Diseño molecular y síntesis de nanofases activas en reacciones de interés para los procesos catalíticos de refinación, petroquímica y control ambiental.
- Nuevos sistemas catalíticos para la elaboración de productos de Química Fina.
- Diseño molecular de Biocatalizadores.

El mercado anual en México de catalizadores es de alrededor de 100 Millones de USD. Adicionalmente hay un valor estratégico; mientras que el mercado mundial (anual) es de 3.2 billones USD. Si se trata de adsorbentes para descontaminación el mercado en México puede alcanzar 50 millones de dólares.

Uno de los aspectos relevantes que contribuye a fundamentar esta propuesta es que existen grupos bien estructurados que ya realizan investigación en varios de los temas mencionados. A continuación se enlistan algunos de los grupos que realizan investigación o que pueden usar sus técnicas de caracterización en materiales nanoestructurados.

- Universidad Nacional Autónoma de México.
Instituto de Física.
Instituto de Investigaciones en Materiales.

Instituto de Química.
Facultad de Ciencias.
Facultad de Medicina.
Facultad de Química.
Centro de Ciencias Físicas, Cuernavaca.
Centro de Materia Condensada, Ensenada.
Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, Juriquilla.

-Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN.

Departamento de Física.
Departamento de Química.
Departamento de Ing. Eléctrica
Unidad Mérida.
Unidad Querétaro.

-Universidad Autónoma Metropolitana.

Unidad Iztapalapa.
Unidad Azcapotzalco.

-Instituto Politécnico Nacional.

Escuela Superior de Física y Matemáticas.
Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas.

-Universidad Autónoma de Puebla.

Instituto de Física.
Facultad de Ciencias.

-Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Instituto de Física.
Facultad de Ciencias.
Facultad de Ciencias Químicas.
Instituto de Investigación en Comunicación Óptica

-Universidad Autónoma de Zacatecas.

Facultad de Ciencias.

-Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Cholula.

-Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, La Marquesa.

-Instituto Mexicano del Petróleo.

-Centro de Investigaciones en Óptica, León.

-Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados, Chihuahua.

- Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.
- Hospital La Raza, Distrito Federal.
- Centro de Rehabilitación, Distrito Federal.
- Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).
- Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Resistol.

Propuesta

A continuación se enumeran algunas de las acciones que pueden integrar el Programa nacional de Nanociencia y Nanotecnología para Desarrollar nuevas Bases Tecnológicas:

- a) Financiar investigación multidisciplinaria entre grupos nacionales reconocidos internacionalmente con objetivos a largo plazo. Estos grupos por su experiencia tendrán a su cargo el resolver los problemas más complejos relacionados con las Nanociencias. Se propone que estos proyectos sean financiados a 10 años con evaluaciones anuales por un grupo de árbitros extranjeros expertos en áreas afines.
- b) Financiar de manera continua a los proyectos individuales y de pequeños grupos (corto plazo). Es importante atraer investigadores de otras disciplinas y aumentar el número de científicos jóvenes y estudiantes que se dediquen a las Nanociencias. Se propone que estos proyectos sean financiados a 3 años.
- c) Detectar los centros de investigación en el país, que por sus características de infraestructura puedan ser sedes de proyectos de Nanociencias y financiarlos sustancialmente para ser centros especializados de Nanociencias y Nanotecnología. Con base en esos centros se propone crear una red nacional sólida con equipo compartido y proyectos conjuntos y la elaboración de un catálogo de cursos de posgrado impartidos en los diferentes centros y que sean válidos para los estudiantes de las diferentes instituciones y de esta manera potenciar los recursos con los que cuenta el programa. Estos centros también deberán ponerse en contacto con otros centros internacionales de excelencia para realizar labor de investigación conjunta y así crear centros virtuales internacionales con objetivos bien definidos y acordes a nuestra realidad nacional. Se propone que se creen al menos 3 centros de Nanociencias en todo el país y que estos tengan financiamiento garantizado durante 10 años.
- d) Dedicar recursos adicionales para becas de estudiantes, técnicos y posdoctorados que se encuentren involucrados en programas de Nanociencias y Nanotecnología. Además se deberá apoyar la creación de laboratorios de enseñanza en el campo. También se deberá contar con financiamiento para

acciones de divulgación por parte de la comunidad científica para difundir a la sociedad la importancia de las Nanociencias.

e) Crear un sitio en el INTERNET que incluya la información relacionada con el programa nacional de Nanociencias y Nanotecnología, que también incluya el acceso directo a revistas internacionales en el tema.

f) Apoyar el desarrollo de infraestructura básica, contribuyendo al reforzamiento de la ya existente y a la creación de nueva infraestructura que será utilizada por los participantes de la red Apoyar también la adquisición de equipo especializado y de equipo de cómputo mediano y supercómputo. México debe contar con un centro de supercómputo en Nanociencias.

g) Consideramos además, que debe existir un comité coordinador de este programa, compuesto por las siguientes personas, Drs. José Luis Morán López, y Humberto Terrones del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica; Dr. Isaac Hernández Calderón, Departamento de Física, CINVESTAV; Dr. José Manuel Domínguez, IMP y la Fís. María Luisa Marquina Fabrega, de la Facultad de Ciencias UNAM.

Presupuesto

Se considera que un presupuesto adecuado para un proyecto de esta naturaleza debería de ser durante el primer año del orden de 15 millones de dólares. El presupuesto de los años siguientes deberá incrementarse de acuerdo a los resultados de la primera convocatoria.

Lista de Participantes en la elaboración de esta iniciativa

Centro de Investigación en Materiales Avanzados

Dr. David Ríos Jara

Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN

Dr. Romeo De Coss

Unidad Mérida,

Dr. Isaac Hernández Calderón

Distrito Federal

Instituto Mexicano del Petróleo

Dr. Jorge Antonio Ascencio Gutiérrez

Dr. José Manuel Domínguez

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

Dr. Alfonso Torres Jacome

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica

Dr. Román López Sandoval
Dr. Florentino López Urías
Dr. José Luis Morán López
M. C. José Manuel Morán Mirabal
Dr. Emilio Muñoz Sandoval
Fís. Lisette Noyola Cherpitel
Dr. Humberto Terrones Maldonado
Dr. Mauricio Terrones Maldonado
Dr. Haret Rosu Barbus
Dr. Aldo Romero

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Dr. Juan Faustino Aguilera Granja
Instituto de Física
Dr. Pedro Gilberto Alvarado Leyva
Facultad de Ciencias
Dr. Jesús Dorantes Dávila
Instituto de Física
Dr. Ricardo Alberto Guirado López
Instituto de Física
Dr. Juan Martín Montejano Carrizales
Instituto de Física

Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Rubén G. Barrera Pérez
Instituto de Física,
Dr. Rafael Angel Barrio Paredes
Instituto de Física,
Dr. Alipio Gustavo Calles Martínez
Facultad de Ciencias
Dra. Ma. Del Carmen Cisneros Gudiño
Centro de Ciencias Físicas, Cuernavaca, Mor.
Dr. Sergio Fuentes Moyado.
Centro de Ciencias de la Materia Condensada, Ensenada, B. C.
Fís. María Luisa Marquina Fábrega
Facultad de Ciencias.

Asesores Extranjeros

Dr. Alex de Lozanne

UT Austin,
Austin, Texas.

Dr. Juan Miguel Sánchez

UT Austin,
Austin, Texas.

Dr. Miguel José Yacamán

UT Austin,
Austin, Texas.

Dr. Ernesto Marinero

IBM, Almaden,
San José, California.