Diagnóstico y Prospectiva De La

Nanotecnología

En México

Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C.

C O N T E N I D O

Volumen I

Pág.

RESUMEN . . . . . *i-xvii*
Introducción 1
A. Contexto Internacional 4
a. Situación actual de la nanotecnología y su aplicación práctica 4
b. Tendencias tecnológicas hacia los próximos 20 años 10
c. Desarrollo de la nanotecnología en el mundo 24
i. Países líderes y programas implementados por países seleccionados 24
ii. Políticas públicas implementadas en los países que han tenido éxito en desarrollar al sector de nanotecnología y en los países emergentes 58
iii. Empresas líderes y áreas en las que operan 63
iv. Operación de las empresas internacionales del sector de nanotecnología en el mercado global: distribución de operaciones entre los diferente países y qué motiva esa distribución 78
d. Impacto del uso de la nanotecnología sobre los costos de producción, respecto del uso de materiales o tecnologías tradicionales 82
e. Intensidad en el uso de recursos humanos y remuneración promedio en relación con las demás actividades económicas 93
f. Implicaciones sociales, medioambientales, éticas, laborales, de salud y en materia de regulación que genera o puede generar la nanotecnología, así como posición de los gobiernos de los países líderes, de los organismos internacionales y de las ONG 96
g. Actividades de cooperación y fuentes de financiamiento para el fomento y desarrollo de la nanotecnología 104
B. México 109
a. Sector Académico
i. Inventario de capacidades en infraestructura de investigación y desarrollo de recursos humanos capacitados y de formación de recursos humanos . . . 112
ii. Líneas y proyectos de investigación en que trabaja el Sector Académico . . . 122
b. Sector Empresarial 126
i. Resultados de la encuesta aplicada a empresas del sector productivo 126
c. Posición de los diferentes grupos sociales respecto de la nanotecnología . . . 145
d. Organismos e instituciones que apoyan el desarrollo de la nanotecnología. 150
e. Patentes de Nanotecnología en México 152
C. Estrategias y nichos de oportunidad en materia de educación, ciencia, tecnología y políticas públicas en México 153
a. Resumen de resultados obtenidos en materia de educación, ciencia y tecnología. Comparación de la situación en México con la situación en los países líderes en materia de investigación básica, desarrollos y aplicaciones de la nanotecnología 153
b. Resumen de resultados obtenidos en materia de política pública y comparación de la situación en México con los países con éxito en el desarrollo del sector 156

Volumen I **Pág.**

c. Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas 158
d. Políticas públicas que México debe implementar para desarrollar la nanotecnología 159
e. Estrategias y nichos en los que México tiene o puede desarrollar ventajas competitivas y estrategias para desarrollar nichos con ventajas 163
i. Nichos de oportunidad por plataforma tecnológica y aplicación a la industria manufacturera 163
ii. Cadenas productivas por segmento 166

D. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 180

Referencias Bibliográficas. 188

índice de Cuadros

Cuadro A.b.1.- Principales nanotecnologías a desarrollar durante los próximos 20 años 19
Cuadro A.c.i.2.-Presupuesto Asignado al Programa Nacional de Nanotecnología de Brasil 54
Cuadro A.c.i.3.- Presupuesto Inicial para la Formación de Redes en Argentina 57
Cuadro A.c.iii.1.-Empresas relacionadas con la nanotecnología más importantes a nivel global 63
Cuadro A.c.iv.1.-Clasificación de empresas de base nanotecnológica. 79
Cuadro A.c.iv.2.-Distribución del desarrollo de la nanotecnología por región geográfica 79
Cuadro A.d.i.1.- Beneficios estimados en la producción de plata nanoestructurada 85
Cuadro A.d.ii.1.- Comparación de los materiales convencionales y las fibras de NTC en la fabricación de chalecos a prueba de balas. 90
Cuadro A.d.ii.2.- Comparación de los costos, peso y eficiencia entre cables convencionales y cables de fibras de NTC para la conducción de energía. 92
Cuadro A.e.1.- Salarios de profesionales en Nanotecnología en el mundo 94
Cuadro A.e.2.- Comparación de salarios de ingenieros dedicados a la nanotecnología vs. otras industrias/disciplinas. 95
Cuadro A.e.3.- Comparación de salarios de técnicos dedicados a la nanotecnología vs. otras industrias/disciplinas 96
Cuadro B.a.i. 1.- Investigadores del Instituto Politécnico Nacional 115
Cuadro B.a.i. 2.- Investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) 115
Cuadro B.a.i. 3.- Investigadores de Instituciones Públicas del Sistema CONACYT. 116
Cuadro B.a.i. 4.- Investigadores de Instituciones de Investigación Sectorizadas . . 116

Volumen I **Pág.**

Cuadro B.a.i. 5.- Investigadores del Otras Instituciones 116
Cuadro B.a.i. 6 .- Personal Técnico por Institución 117
Cuadro B.a.i. 7.- Programas de Doctorado Relacionados con la Nanotecnología . 118
Cuadro B.a.i. 8.- Programas de Maestría Relacionados con la Nanotecnología. . . 118
Cuadro B.a.i. 9.- Programas de Licenciaturas Relacionados con la Nanotecnología 119
Cuadro B.a.i. 10.- Número de Alumnos de Doctorado por Institución 120
Cuadro B.a.i. 11.- Número de Alumnos de Maestría por Institución. 120
Cuadro B.a.i. 12.- Laboratorios pos Institución 121
Cuadro B.a.i. 13.- Plantas Piloto por Institución 122
Cuadro B.ii.1.- Número de Líneas de Investigación Relacionadas con la Nanotecnología por Institución 122
Cuadro.- B.b.i.1.-Número de empresas encuestadas por giro 127
Cuadro B.e.1.- Número de solicitudes y patentes en el tema de nanotecnología. . 152
Cuadro C.a.1.- Artículos Publicados relacionados con nanotecnología 154
Cuadro C.a.2.- Solicitudes de Patentes 155
Cuadro C.a.2.- Solicitudes de Patentes de Países en Desarrollo 156

índice de Gráficas

Gráfica A.b.1.-Tendencia tecnológica 11
Gráfica A.b.2.- Curva de desarrollo. 12
Gráfica A.b. 3.-Posible desarrollo futuro y efectos de la nanotecnología. 18
Gráfica A.c.iii.1.-Mercado mundial de la nanotecnología 77
Gráfica A.c.iii.2.-Consumo mundial de nanomateriales 77
Gráfica A.c.iv.1.-Concentración geográfica de compañías nuevas "start-ups". . . . 78
Gráfica A.c.iv.2.-Empresas con base nanotecnológica por área de aplicación en Estados Unidos de Norteamérica. 2005. 80
Gráfica A.c.iv.3.-Distribución geográfica de acuerdo al origen de las empresas de base nanotecnológica 80
Gráfica A.c.iv.4.-Distribución geográfica de acuerdo a la operación de las empresas de base nanotecnológica 81
Gráfica A.d.i.1.- Relación entre el área superficial de las partículas y el precio de la plata 86
Gráfica B.a.i.1.- Investigadores por Institución 115
Gráfica B.a.i.2.- Programas de Formación de Recursos Humanos 117
Gráfica B.ii.1.- Distribución de los proyectos vigentes 124
Gráfica B.b.i.1.- Importancia y mejora deseada en atributos clave 130
Gráfica B.b.i.2.- Importancia y mejora deseada en atributos clave 131
Gráfica B.b.i.3.- Avance en proyectos de nanotecnología 132
Gráfica B.b.i.4.- Centro o Institución con el que se está colaborando en México . . 133

Volumen I **Pág.**

Gráfica B.b.i.5.- Nivel de interés y dominio en temas de nanotecnología 134
Gráfica B.b.i.6.- Nivel de impacto deseado e incremento de costo deseado 135
Gráfica B.b.i.7.- Nivel de impacto deseado e incremento de costo deseado 135
Gráfica B.b.i.8.- Conocimiento de las técnicas de preparación 136
Gráfica B.b.i.9.- Productos requeridos para desarrollar nanopartículas 136
Gráfica B.b.i.10.-Productos requeridos para desarrollar material inorgánico nanoestructurado 137
Gráfica B.b.i.11.-Productos requeridos para desarrollar material polimérico nanoestructurado 137
Gráfica B.b.i.12.- Productos requeridos para desarrollar nanobiotecnología 138
Gráfica B.b.i.13.- Productos requeridos para desarrollar simulación computacional 138
Gráfica B.b.i.14.- Consumo estimado de nanomateriales 139
Gráfica B.b.i.15.-Lugar de origen de los proveedores 139
Gráfica B.b.i.16.- Integración de productos-procesos que resulten de proyectos de nanotecnología 140
Gráfica B.b.i.17.-Interés de las empresas para atender y escuchar opciones de proyectos 141
Gráfica B.b.i.18.-Interés de las empresas para atender y escuchar opciones de nuevas oportunidades de creación de negocios 142
Gráfica C.a.1.- Participación de Argentina, Brasil, y México en la Publicación Global de Artículos en Nanotecnología 155

índice de Imágenes

Imagen A.a.1.- Situación Actual de la Nanotecnología 6
Imagen A.a.2.- Situación Actual de la Nanotecnología 7
Imagen A.a.3.- Plataformas Tecnológicas/Aplicaciones en el Sector Industrial de la nanotecnología 7
Imagen A.b.1.- Generaciones de nuevos productos 15
Imagen A.b.2.- Evolución de los nanomateriales 17
Imagen A.d.ii.1.- Fibra de NTC anudada 88
Imagen A.d.ii.2.- Fabricación de un hilo de NTC 89
Imagen B.b.i.1.- Distribución geográfica de las empresas encuestadas. 127
Imagen C.e.i.1.- Mapa de valor de productos nanotecnológicos. Enfoque a áreas clave 163
Imagen C.e.i.2.- Aplicación en la industria manufacturera para cada plataforma tecnológica con base en el conocimiento de los productos y procesos 164

Volumen I **Pág.**

Imagen C.e.i.3.- Aplicación en la industria manufacturera para cada plataforma tecnológica con base en los proyectos de las empresas y datos del cuestionario 165
Imágenes C.e.ii.1.- Mapas de cadenas productivas por segmento 166

Volumen II

Anexos

Mecanismo para acceder a los Fondos de Financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). **2**
Mecanismo para acceder a los Fondos de Financiamiento del Banco Mundial (BM). **5**
Recursos Humanos por Institución **8**
Programas de Formación de Recursos Humanos por Institución **24**
Infraestructura por Institución **30**
Líneas de Investigación por Institución **45**
Proyectos en Desarrollo por Institución **60**
Metodología para la Aplicación de la Encuesta al Sector Productivo. **71**
Atributos Clave Adicionales Identificados. **78**
Proyectos vigentes relacionados con Nanotecnología en las Empresas Encuestadas **81**
Producción de Empresas Encuestadas **86**
Entrevistas **102**
Lista de Contactos Estratégicos **148**
Contactos de Empresas Encuestadas **148**
Contactos con Instituciones Académicas **160**
Contactos con Empresas Líderes en el Mercado Internacional **166**

RESUMEN

La nanociencia es el estudio del fenómeno y la manipulación de la materia a escala nanométrica (0.1 a 100 nm), mientras que la nanotecnología se trata del diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas a través del control del tamaño y la forma a nanoescala. Comúnmente se utiliza el término nanotecnología para referirse a ambas disciplinas.

Un nanómetro es la unidad de longitud que equivale a una milmillonésima parte de un metro. En esta escala, las propiedades físicas, químicas y/o biológicas de los materiales, objetos, sistemas, etc., difieren de manera fundamental de las propiedades de los mismos a tamaño micro/macroscópico, por lo que la investigación y desarrollo de la nanotecnología se orienta a la comprensión y creación de materiales mejorados, dispositivos y sistemas que exploten estas nuevas propiedades. En este sentido, la nanotecnología promete una mejor comprensión de la naturaleza y de la vida misma, en donde el tamaño y la forma son importantes.

A su vez, la física, la química, la ciencia de los materiales, la simulación computacional y la ingeniería, convergen hacia los mismos principios teóricos y técnicas experimentales, posibilitando avances tecnológicos extraordinarios por la sinergia interdisciplinaria y las iniciativas tomadas por varios sectores y países.

Las estrategias de investigación utilizadas para el desarrollo en este tema se enfocan en los métodos “Top Down” y “Bottom Up”. El primero, traducido como de “arriba hacia abajo”, refiriéndose a la generación de productos a partir de macroestructuras y el segundo, “de abajo hacia arriba”, que considera el ensamble a partir de átomos o moléculas.

En general, los expertos en el mundo coinciden en que la nanotecnología tiene el potencial para desarrollar herramientas de manufactura y procedimientos médicos sin precedente e incluso influir en la sociedad y las relaciones internacionales. Por ello, es considerada una megatendencia y una tecnología disruptiva. Así, la nanotecnología promete incrementar la eficiencia en la industria tradicional y desarrollar nuevas aplicaciones radicales a través de las tecnologías emergentes. La Internet, referida hasta hace pocos años como la revolución de la siguiente generación, palidece en contraste con este nuevo fenómeno.

Son múltiples las áreas en las que la nanotecnología tiene aplicaciones potenciales. Su avance repercutirá en una amplia gama de industrias como la de cosméticos, la farmacéutica, los electrodomésticos, la del cuidado personal, la construcción, las comunicaciones, la de seguridad y defensa y la automotriz y aeroespacial, entre otras. El entorno también se beneficiará, en tanto que la producción de energía será más económica y limpia y se utilizarán materiales más ecológicos.

En el mercado se encuentran ya disponibles aplicaciones de esta naturaleza. Por ejemplo, los materiales nanoestructurados ya son utilizados en productos como bolas

de tenis, golf o boliche (a modo de reducir el número de giros que dan las mismas); en la fabricación de neumáticos de alto rendimiento; en la fabricación de telas con propiedades anti-manchas o antiarrugas; en cosméticos, fármacos y nuevos tratamientos terapéuticos; en filtros/membranas de agua nanoestructurados y remediaciones medioambientales; en la mejora de procesos productivos mediante la introducción de materiales más resistentes o eficientes (tanto industriales como agroindustriales); en el diseño de nuevos materiales para usos en la electrónica, la aeronáutica y prácticamente toda la industria del transporte, etc[1]. El "Proyecto en Nanotecnologías Emergentes" establecido por el Centro Internacional Woodrow Wilson en Estados Unidos de Norteamérica, consigna en su página web la existencia de 580 productos en el mercado[2].

En estos momentos la Nanociencia y la Nanotecnología aún se encuentran en una etapa temprana de investigación y desarrollo, en la que las investigaciones y la mayoría de las inversiones, están dirigidas hacia la comprensión de los fenómenos de la nanoescala, los procesos y la creación de nuevos materiales o nanoestructuras. Las tendencias tecnológicas hacia el año 2020 en el mundo, apuntan a la transición de los nanomateriales a los nanosistemas, mediante la construcción de sistemas nanoescalares que requerirán del uso combinado de las leyes de la nanoescala, principios biológicos, tecnología de la información e integración de sistemas.

En el ámbito internacional, el desarrollo de esta tecnología es dominado por los Estados Unidos, Japón y Alemania, quienes aportan anualmente casi el 52% de la inversión total mundial, equivalente a 12,400 millones de dólares. De ésta, el 51% corresponde a los gobiernos, el 43% a las empresas y el 6% a capital de riesgo. Destaca el crecimiento en la inversión gubernamental realizada en el mundo para el apoyo de la investigación y desarrollo en nanotecnología al pasar de 432 millones de dólares en 1997 a 6,400 millones de dólares en 2006, casi 15 veces el monto originalmente considerado.

Con relación al Producto Interno Bruto, el país que mayor proporción destina a la investigación y desarrollo de la nanotecnología es Corea del Sur (350 dólares por cada millón de dólares del PIB), seguido por Japón (250 dólares), Estados Unidos (90 dólares) y la Unión Europea (86 dólares)[3].

La mayor proporción de la inversión en investigación y desarrollo se destina a los sectores académico e industrial. Sin embargo, las asignaciones de cada país varían de manera importante. A manera de ejemplo se muestran las siguientes:

País	Sector Académico	Sector Industrial
Estados Unidos	65%	10%
Alemania	45%	30%
Corea del Sur	20%	60%

[1] Delgado Ramos, G.C. : "Nanotecnología, paradigma tecnológico de vanguardia" en Contribuciones a la Economía, febrero 2007. Texto completo en http://www.eumed.net/ce/

[2] http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/browse/products/

[3] M.C. Roco Journal of Nanoparticle Research, 2005, Vol7(6)

El resto en cada caso, se destina a instalaciones básicas y laboratorios gubernamentales.

Producto de esta inyección de recursos a las actividades relacionadas con la nanotecnología, es la generación de conocimiento y su aplicación, reflejados en el número de publicaciones y patentes, así como en el número de empresas creadas y colocación de productos en el mercado. En los últimos años, las primeras han tenido un crecimiento muy importante, ya que en 1992 se registraron alrededor de 3,800 publicaciones sobre el tema y 14 años después ese número creció hasta alcanzar casi 39,000 publicaciones, de las cuales el 73% fueron elaboradas por los tres grandes bloques económicos, Estados Unidos, Asia – Pacífico y la Unión Europea, con aportaciones del 20%, 35% y 17% respectivamente. Destaca que las instituciones y autores más prolíficos en el tema son de origen asiático.

En lo referente a patentes en el área de nanotecnología, también se ha registrado un incremento sustancial en los últimos años, ya que en el período comprendido entre 1996 y 2006 crecieron de 300 a alrededor de 10,105 patentes, de las cuales la mayor parte son de Estados Unidos con el 67% y Alemania con el 8%.

Otro indicador importante es el creciente número de empresas que incorporan continuamente productos nanoestructurados. Se calcula que actualmente existen a nivel mundial, alrededor de 2,500 compañías involucradas en la nanotecnología. Se estima que el mercado global de productos que involucran nanotecnología asciende actualmente a 50,000 millones de dólares, previéndose su crecimiento a una tasa promedio anual del 23% para los próximos 10 años. Estados Unidos y la Unión Europea conjuntan el 70% de ese mercado, mientras que los países del bloque Asia-Pacífico cuentan con el 15%.

El mercado mundial por tipo de producto se centra actualmente en los nanomateriales (86%), en tanto la factibilidad de su aplicación a la gran mayoría de los productos de los diferentes sectores industriales sin modificar significativamente procesos y equipos. Las nanoherramientas y nanodispositivos representan el 14% de ese mercado. El 67% de las empresas de base nanotecnológica son originarias de Estados Unidos, mientras que el 18% son de la Unión Europea y un 8% se ubica en los países de Asia y Medio Oriente. Por su parte, la operación de las empresas internacionales del sector de nanotecnología en el mercado global se encuentra principalmente en Estados Unidos con el 57% de las mismas, mientras que Alemania, Inglaterra y Suiza conjuntan el 21% y Japón el 4%.

A pesar del dinámico crecimiento de la investigación, desarrollo e innovación de la nanotecnología en el mundo, es hasta hace pocos años cuando se empiezan a analizar de manera seria las implicaciones sociales, medioambientales, éticas y de salud del desarrollo de productos nanoestructurados así como la regulación en esta materia. Al respecto, han surgido diversos grupos sociales en el mundo (como el Action Group on Erosion, Technology and Concentration ETC con sede en Canadá) que han realizado

trabajos tendientes a puntualizar dichos riesgos, sus implicaciones y las acciones que deben ser tomadas en cuenta para el desarrollo confiable de la nanotecnología.

Por otra parte, a través de la exposición de tres casos específicos, se demuestra el comportamiento de los costos y beneficios económicos de la transición entre las tecnologías tradicionales y la nanotecnología, demostrando con ello las ventajas de la incorporación de la nanotecnología en procesos y productos. El primero, relativo a la utilización de nanopartículas de plata que adquiere relevancia en tanto nuestro país es el primer productor a nivel mundial de plata; el segundo trata de la utilización de nanotubos de carbón para fabricar fibras super resistentes y su uso en la industria del blindaje corporal. El tercero se refiere a la conveniencia de sustituir los cables convencionales de aluminio reforzados con acero por fibras de nanotubos de carbón, para la transmisión de energía eléctrica.

En cuanto al mercado laboral internacional, se estima que para el 2015 se estarán requiriendo 2 millones de trabajadores especializados. Actualmente, los empleados en micro y nanotecnología están bien pagados y tienen un alto nivel educativo. Los resultados de una encuesta realizada recientemente, muestran que en los Estados Unidos los salarios de los ingenieros dedicados a la nanotecnología son superados solamente por los ingenieros petroleros y aeroespaciales y en lo que respecta a los técnicos, éstos son únicamente superados por los técnicos aeroespaciales[4].

Tanto los países desarrollados como muchos de los que se encuentran en vías de desarrollo, han implementado políticas y estrategias dirigidas a fomentar la investigación, desarrollo e innovación de la nanotecnología como una alternativa de crecimiento económico que permita incrementar su competitividad global. En el contexto internacional se identifican 17 países con Iniciativas o Programas Gubernamentales y al menos 60 países que ya han iniciado actividades en este campo.

Uno de los denominadores comunes observado en los países que han tenido un desarrollo destacado en la nanotecnología, es la decisión de sus gobiernos para instituir un ente responsable de su conducción y las políticas públicas necesarias para normar su desempeño.

Así, los Estados Unidos cuentan desde 2001 con la Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI) como organismo coordinador tanto de los presupuestos federales dedicados a este ramo de la ciencia como de las acciones y programas establecidos para su desarrollo. En 2007 se le asignó un presupuesto federal de 1,397 millones de dólares, cantidad 60% superior a la otorgada cuatro años antes. De estos recursos, el 65% correspondió a instituciones académicas de investigación y desarrollo, el 25% a laboratorios gubernamentales y el 10% a la industria relacionada con la nanotecnología.

[4] Small Times y Departamento del Trabajo Norteamericano

La Unión Europea cuenta con el Séptimo Programa Marco (2007 – 2013) basado en tres actividades temáticas: Nanociencias y Nanotecnologías, Materiales y Nuevas Tecnologías de Producción. El presupuesto gubernamental es de 875 millones de dólares anuales, cantidad 2.7 veces mayor a la otorgada en el Programa Marco anterior. Alemania es el país más representativo de la Unión Europea en cuanto a desarrollo de la nanotecnología. Cuenta con el programa Nano-Iniciativa – Plan de Acción 2010 al cual destina más de 330 millones de dólares anuales y existen cerca de 600 compañías que desarrollan productos nanotecnológicos.

La Región Asia-Pacífico se caracteriza por el decidido apoyo que sus países miembros han otorgado a la investigación, desarrollo e innovación de la nanotecnología. Cuenta con la Asian Nano Forum (ANF) creada en 2004 por 13 países de la región para fortalecer la cooperación regional en nanotecnología. Los países más representativos son Japón, Corea, Australia, China y Singapur. En 2005, Japón invirtió 1,200 millones de dólares en el desarrollo de esta disciplina, mientras que por su parte Corea del Sur destinó 1,100 millones para el mismo propósito. La inversión total de los países asociados en la Región Asia-Pacífico en ese año fue de 4,607 millones de dólares.

La nanoelectrónica y los nanomateriales constituyen las áreas dominantes en el tema de la investigación y desarrollo de los países asiáticos. La mayor parte de la investigación desarrollada en estos países, se centra en laboratorios privados con miras a su futura comercialización. El financiamiento de los proyectos desarrollados proviene tanto de fondos gubernamentales como de las propias empresas interesadas.

En los países de la región Asia-Pacífico existe un alto compromiso con la educación y el entrenamiento de personal. En China, más de 60 universidades ofrecen cursos de nanotecnología y recientemente inició operaciones el Centro Nacional de Nanociencia y Nanotecnología (NCNST), el cual está orientado a la educación en esta área. En Japón se estableció el programa japonés de desarrollo de recursos humanos en nanotecnologías, dedicado exclusivamente a educación. En Corea del Sur, un promedio de 5.6% del presupuesto anual del programa nacional de nanotecnología va a iniciativas de educación en esta área.

En general, existen puntos coincidentes en las políticas públicas adoptadas por los países líderes, para el desarrollo de la nanotecnología:

- Instituir un programa o iniciativa nacional con un ente responsable de su ejecución
- Incrementar la inversión pública y privada para la I+D+I
- Desarrollar una infraestructura competitiva a nivel mundial
- Trabajar en redes promoviendo espacios colaborativos
- Promover la educación interdisciplinaria y el entrenamiento
- Desarrollar esquemas de apoyo a la innovación industrial
- Respetar principios éticos e integrar consideraciones sociales
- Analizar aspectos de salud pública y en el trabajo
- Consulta pública sobre las repercusiones de la nanotecnología

Existen en el ámbito internacional opciones diversas para el financiamiento de las actividades científico tecnológicas y de innovación, destacando las correspondientes a organismos como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Organización de Estados Americanos (OEA), la National Science Foundation (NSF) de los Estados Unidos y la organización ForumEULA asociada al Programa Marco de la Unión Europea.

Con respecto a América Latina, los países que cuentan con avances que, aunque modestos, buscan el desarrollo de la nanotecnología son Brasil, Argentina y México. A diferencia de México, los dos primeros cuentan con iniciativas o programas dedicados a la investigación, desarrollo e innovación de la nanotecnología. En Brasil, se cuenta con el Programa Nacional de Nanotecnología con un presupuesto asignado en 2005 de casi 33 millones de dólares distribuidos como sigue:

Actividad	**Monto (millones de dls.)**
• Apoyo a jóvenes investigadores (19 Proyectos)	$ 1.7
• Apoyo a la formación de Redes Cooperativas de Investigación Básica y Aplicada. Red Brasil/Nano (10 Redes)	$ 6.7
• Apoyo a Proyectos de Cooperación (9 Proyectos)	$ 5.9
• Apoyo a la cooperación internacional en proyectos conjuntos de investigación científica, tecnológica y de innovación con Francia (5 Proyectos)	$ 0.2
• Apoyo a proyectos destinados a la incubación de empresas con potencial desarrollo de productos y servicios de interés para el mercado en el ámbito de la nanotecnología (11 Proyectos)	$ 0.6
• Apoyo a Laboratorios Nacionales y Estratégicos	$17.8

La investigación en nanociencia y nanotecnología brasileña es llevada a cabo en redes descentralizadas de investigación, las que agrupan a más de 50 institutos de investigación, seis del extranjero y dos empresas relacionadas. Cuentan con 260 investigadores y 500 estudiantes de postgrado aproximadamente. Las actividades brasileñas en nanociencia y nanotecnología coordinadas por las redes, han sido enfocadas principalmente a investigación básica. La estrategia actual es que gracias a la infraestructura y al personal calificado en esta área, es factible atraer inversión privada para aplicar el conocimiento adquirido y ser más competitivos. Sin embargo, una de las mayores dificultades en el desarrollo tecnológico de Brasil es que las iniciativas de investigación y desarrollo no son siempre desarrolladas de acuerdo con las necesidades tecnológicas de las empresas.

En Argentina, por decreto presidencial se crea en 2005 la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) dependiente del Ministerio de Economía y Producción[5]. Esta organización tiene como objetivo sentar las bases necesarias para el fomento y promoción del desarrollo de la infraestructura física y humana del país en el campo de la nanotecnología y la microtecnología. Su responsabilidad principal es fomentar la generación del valor agregado de la producción nacional, para el consumo del mercado interno y para la inserción de la industria local en los mercados internacionales. En junio de 2005, se incluyó en su presupuesto una asignación de $1.8 millones de dólares para trabajar con proyectos industriales de Alta Tecnología.

Actualmente operan en este país cuatro redes relacionadas con la nanociencia y la nanotecnología y en las cuales se involucran alrededor de doscientos investigadores, habiéndoseles asignado para su operación, un presupuesto inicial de 1.1 millones de dólares:

- Laboratorio en red para el diseño, simulación y fabricación de nano y micro dispositivos.
- Red Argentina de Nanociencia y Nanotecnología: Materiales nanoestructurados y nanosistemas.
- Red Argentina de Nanociencia y Nanotecnología Molecular, Supramolecular e Interfases.
- Autoorganización de bionanoestructuras para transmisión de información molecular en neurobiología y procesos biológicos.

Uno de los avances importantes de Argentina en el campo de la nanotecnología es la creación, en conjunto con Brasil, del Centro Argentino Brasileño de Nanociencia y Nanotecnología, el cual inició operaciones en 2006. La estructura del Centro está formada por un Comité Gestor de Alto Nivel, por los Coordinadores Nacionales, un Comité Asesor Binacional y una Secretaría Ejecutiva en cada país.

A diferencia de Brasil y Argentina, en México no hay todavía un plan, programa o iniciativa nacional en nanotecnología, a pesar de que desde el 2002, la investigación en nanotecnología pasa a ser reconocida como un área de investigación estratégica. El Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001- 2006, considera la nanotecnología como un área estratégica de los materiales avanzados, señalando la necesidad de contar con un Programa Nacional de Nanotecnología, y de sostener una red de intercambio científico en el área. El Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 también coloca a la nanotecnología como una de las áreas estratégicas de desarrollo del sector energético, relacionándolo particularmente con el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Sin embargo, el Programa Especial no incluyó una mecánica de operación, ni un presupuesto para lograrlo, quitándole efectividad.

[5] Revista Argentina del Régimen de la Administración Pública. Decreto N° 380/2005 - Aplicación y Desarrollo de Micro y Nanotecnologías. http://rapdigital.com/xnovedades_y_noticias.php?id=4669&pid=4

El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 considera a la nanotecnología, mecatrónica y biotecnología como sectores estratégicos, según se establece en el **Eje 2**. Economía competitiva y generadora de empleo, **Objetivo 5**. Potenciar la productividad y competitividad de la economía mexicana para lograr un crecimiento económico sostenido y acelerar la creación de empleos, **Estrategia 5.2. "**Diseñar agendas sectoriales para la competitividad de los sectores económicos de alto valor agregado y contenido tecnológico, y de **sectores precursores**, así como la reconversión de sectores tradicionales, a fin de generar empleos mejor remunerados".
Se denomina a la biotecnología, la mecatrónica y la nanotecnología como tecnologías precursoras porque tienen una fuerte incidencia sobre el desarrollo de muchas actividades productivas, y porque se prevé que en el futuro su utilización será determinante para el desarrollo de muchas ramas de los sectores agropecuario, industrial y de servicios; y por lo tanto para la productividad y competitividad del país.

No obstante lo anterior, se tiene conocimiento del apoyo realizado por el CONACYT entre 1998 y 2004 a 152 proyectos de investigación relacionados con la nanotecnología y que involucran a 58 instituciones de investigación, habiéndose erogado en ese periodo alrededor de 14.4 millones de dólares distribuidos en un 53% para el área de materiales, 14 % a Química, 14% a Electrónica, 12% a Física y 7% a otros. Hacia finales del 2006, el CONACYT emitió dos convocatorias, la primera enfocada a apoyar la creación de laboratorios nacionales y la segunda para la elaboración de megaproyectos en áreas estratégicas, considerando en ambos casos a la nanotecnología. En el primer caso se apoyó a dos centros CONACYT para la instalación de dos laboratorios nacionales de nanotecnología, con $20 millones de pesos a cada uno y en el segundo, a 5 instituciones con $100 mil pesos en cada caso para la elaboración de la propuesta.

La ausencia de una iniciativa nacional en México indujo a los diferentes centros de investigación a la búsqueda particular de convenios de cooperación internacional, así como a su participación en redes de investigación de carácter nacional y mundial. Las redes que han sido formadas por investigadores que trabajan en Centros de Investigación en México, son: Red Internacional de Nanociencia y Nanotecnología (Red INN), Red de Grupos de Investigación en Nanociencia y Nanotecnología (Red Regina), Red Nacional de Nanociencia y Nanotecnología, NANOFORUMEULA y Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLANS).

Conviene hacer notar por su relevancia, el convenio Universidad Estatal de Arizona / CIMAV-CONACYT para formar un Cluster de Innovación en Nanotecnología en América del Norte y que cuenta con un fondo a partes iguales de 16 millones de dólares en 5 años; convenios con UT-Austin y SUNY-Albany / CONACYT, cada uno por 250 mil dólares y el fondo a partes iguales por 20 millones de euros, establecido con la Unión Europea a través del Séptimo Programa Marco de aquella Región.

El antecedente de este último apoyo, anunciado a principios de 2008, se encuentra en la realización en México del "NanoforumEULA fact finding mission August 2007" del 24

al 30 de agosto de 2007, organizado en México por el IPICYT[6]. El evento se llevó a cabo en 4 ciudades sede: Saltillo, León, San Luís Potosí y Cd. de México, contando con una asistencia global de 225 participantes, así como 13 conferencistas europeos, 60 mexicanos y 14 conferencistas de la industria.

El propósito de dichas reuniones fue promover relaciones de colaboración y trabajo entre las organizaciones e industrias europeas que realizan investigación científica en nanotecnología y sus homólogos en México, permitiendo al mismo tiempo a los expertos europeos, obtener una idea de la infraestructura disponible, la información sobre la propiedad intelectual, la política de investigación y el potencial de México para abordar los mercados basados en nanotecnología, así como fincar las bases para la elaboración de un plan de acción que impulse la colaboración entre México y la Unión Europea.

Sin embargo, en el panorama nacional se observa que los recursos y esfuerzos dedicados a la nanotecnología son aislados y dispersos, por lo que no obstante la presencia de varios grupos de investigación y desarrollo de alto nivel e incluso con reconocimiento internacional, los resultados son marginales con impacto prácticamente nulo. En este sentido, es importante hacer notar la escasa vinculación academia-empresa, que permita a esta última la apropiación del conocimiento generado en la academia y la mejora en procesos y productos para su inserción en el mercado mundial.

Una consecuencia de la desarticulación de las actividades en materia de nanotecnología y en contraste con otros países en el mundo, es que en México no existen programas oficiales de investigación de sus posibles impactos sociales, económicos, sus riesgos ambientales o para la salud, o sus implicaciones éticas. De hecho, en el país han pasado prácticamente inadvertidas las controversias y movimientos internacionales organizados para indicar a la sociedad civil, tanto de las ventajas como de los posibles efectos negativos de la nanotecnología.

Destaca sin embargo, el esfuerzo realizado a través de medios de comunicación masiva y foros diversos, de algunos investigadores y científicos mexicanos, quienes han manifestado un decidido apoyo al impulso de la nanociencia y la nanotecnología y coinciden al afirmar que su avance representaría para el país la oportunidad de mejorar su competitividad y desarrollo socioeconómico, concordando en que México aún está a tiempo de participar y hacer aportaciones en esta nueva actividad científica, considerando que se cuenta con las condiciones básicas requeridas para ello.

Como resultado de la elaboración de este estudio, se identificaron 56 instituciones que en México desarrollan actividades de investigación y/o docencia relacionadas con la nanotecnología, las cuales albergan a 449 investigadores relacionados con la temática, de los cuales el 29% pertenece a centros CONACYT, el 18% a la Universidad Autónoma de México, el 15% al Instituto Mexicano del Petróleo, el 8% al Instituto

[6] Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

Politécnico Nacional y el 30% restante a otras 20 instituciones ubicadas en distintos estados del país.

Con respecto a la formación de recursos humanos, se detectaron 87 programas de posgrado relacionados con la nanotecnología en 27 instituciones. Cabe mencionar que existe un programa de Doctorado en Nanociencias y Nanotecnologías que imparte el IPICYT. En estos programas se encuentran actualmente 257 alumnos de doctorado y 216 de maestría.

En cuanto a la infraestructura para desarrollar investigación en las diferentes áreas de la nanotecnología, se detectaron en el país 157 laboratorios y 17 plantas piloto distribuidas en diferentes instituciones donde se desarrollan 340 líneas de investigación relacionadas con esta disciplina. Cabe hacer notar que sólo algunas de las instituciones que albergan estos laboratorios, cuentan con el equipamiento especializado de vanguardia necesario para abordar los temas de frontera del conocimiento en materia de nanociencia y nanotecnología (IIM-UNAM, IMP, IPICYT, CIQA, CIMAV y CENAM).

Respecto al sector empresarial mexicano, se llevó a cabo una encuesta aplicada a 94 empresas de diferentes sectores potencialmente usuarias de la nanotecnología y distribuidas en 15 estados de la república, para conocer su posición y disposición hacia esta nueva tecnología. De estas empresas, el 64% son grandes, el 20% medianas, el 12% pequeñas y el 4% micro.
Dentro de los aspectos relevantes de los resultados de la encuesta destacan:

- El 59% tienen un conocimiento incipiente o desconocen la nanotecnología, mientras que sólo el 11% tienen un amplio conocimiento de la misma.
- El 76% no cuentan con laboratorios adecuados y el 83% no cuentan con plantas piloto para el desarrollo de proyectos de nanotecnología.
- El 69% no cuentan con proyectos de nanotecnología, sin embargo el 63% considera importante su desarrollo.
- Existen 60 proyectos de investigación relacionados en diferentes centros e instituciones, entre las que destacan: CIQA, CIMAV, UNAM y CINVESTAV.
- El 57% de las empresas considera que el uso de la nanotecnología será importante en los próximos años.

Con relación a los países líderes, México se ubica muy por debajo en términos de publicaciones y patentes relacionados con la nanotecnología. Así, se observa que Estados Unidos publica 39 veces lo que México, China 27, Japón casi 18, Alemania 14 e incluso, Brasil duplica dicha producción. Sin embargo, mientras Estados Unidos cuenta con 1,260 miles de investigadores y Brasil con 117 mil, México apenas alcanza los 35 mil. En relación con Argentina que cuenta con 39 mil investigadores, nuestro país duplica el número de sus publicaciones. En este renglón, la posición de México es comparable con países como Portugal, Grecia, Rumania e Irán. Lo anterior, refleja la necesidad de contar con una mayor masa crítica de investigación.

En cuanto a las patentes, baste señalar que mientras los Estados Unidos tienen más de 6,700 patentes otorgadas, en México hasta octubre de 2007 se encontraban registrados 1,142 títulos que incluyen patentes otorgadas y solicitudes de registro, de los cuales, ninguno corresponde a instituciones o empresas de origen mexicano. Se espera que a partir de 2008 esta situación mejore, en tanto se tienen noticias del otorgamiento de varios títulos al IMP y algunos Centros Públicos de Investigación.

Con base en las capacidades e infraestructura científico-tecnológica del sector académico, así como en los resultados de la encuesta aplicada a las empresas del sector industrial, los nichos de oportunidad con ventajas competitivas se identificaron en el desarrollo de las plataformas tecnológicas referidas a Sol Gel, Molienda, Vía Húmeda/Sol Gel, Compósitos, Modelación y Diseño de Equipo. En cuanto a los giros industriales con altas posibilidades de proyectos y uso de la nanotecnologías se encuentran: a) Industria Química; b) Industria del Plástico y del Hule; c) Industria del Petróleo; d) Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos eléctricos; e) Fabricación de Equipo de Computación, Comunicación, Medición y Equipos, Componentes y Accesorios; f) Fabricación de Productos a base de Minerales no Metálicos (vidrio, cemento, cerámicos, refractarios, abrasivos); g) Industrias Metálicas Básicas (hierro, acero, ferroaleaciones, aluminio, refinación, cobre, fundición, moldeo) e h) Industria Alimentaria.

Entre las fortalezas que en la actualidad se observan en México para el impulso de la nanotecnología destacan: a) Masa crítica para investigación y desarrollo en las plataformas tecnológicas con capacidades para su desarrollo en México; b) Infraestructura básica de investigación y c) Acuerdos y tratados internacionales.

Las oportunidades se ubican prioritariamente en: a) Posibilidad de incorporarse a la megatendencia mundial de la nanotecnología; b) Amplio mercado potencial de productos nanotecnológicos; c) Opciones pertinentes para la formación y capacitación de recursos humanos y d) Acceso a fuentes internacionales de financiamiento.

Por su parte, las debilidades son entre otras: a) Carencia de un programa o iniciativa nacional de nanotecnología; b) Carencia de ámbitos colaborativos entre los diferentes grupos de investigación; c) Escaso presupuesto gubernamental; d) Inexistencia de un modelo de transferencia del conocimiento a la sociedad; e) Amplio sector de MYPIMES sin capacidad de inversión en tecnologías; f) Falta de cultura empresarial en inversiones de riesgo y g) Trámites y burocracia.

Las amenazas se centran básicamente en: a) Ampliación de la brecha tecnológica con respecto a países más avanzados; b) Desconocimiento de riesgos ambientales, en la seguridad y en la economía; c) Pérdida de ventajas competitivas ante la competencia de países como China, India, Singapur, etc. debido a la falta de desarrollo tecnológico y d) Crisis financiera en el ámbito internacional.

Con base en lo anteriormente expuesto, se propone el establecimiento de las siguientes políticas públicas:

- Creación de una iniciativa o programa nacional que impulse la Nanociencia y la Nanotecnología, constituyendo el marco de referencia para las actividades de investigación, desarrollo e innovación en el ámbito nacional

- Establecimiento de fondos públicos destinados a la inversión en Investigación, Desarrollo e Innovación de la Nanociencia y Nanotecnología

- Impulsar la Investigación, Desarrollo e Innovación de la nanotecnología responsable, sustentada en la normatividad nacional e internacional.

- Favorecer la formación de recursos humanos competentes en nanotecnología

- Incorporar la nanotecnología en las prioridades de política de desarrollo industrial, como un elemento estratégico para la competitividad y crecimiento del sector industrial

Conclusiones

Algunas de las conclusiones derivadas del estudio son las siguientes:

- El impulso a la nanociencia y la nanotecnología en México, pudiera significar para el país la oportunidad para mejorar su posición competitiva y la disminución de la brecha tecnológica con respecto a otros países, así como la mejora en las condiciones de vida de la población
- Existe un desconocimiento generalizado del tema, tanto a nivel de sociedad civil, como en el sector productivo y gubernamental.
- México cuenta con las condiciones necesarias para impulsar el desarrollo de la nanotecnología, siempre y cuando se elaboren e implementen las estrategias necesarias para aprovechar nuestras fortalezas y oportunidades y se contrarresten las debilidades internas que pudiesen poner en riesgo el éxito de este desarrollo
- Es necesario establecer en México un programa o iniciativa nacional en nanotecnología, que incorpore políticas públicas específicas que normen su desarrollo
- Existe interés por parte del sector productivo para incursionar en el ámbito de la nanotecnología. La barrera principal se encuentra en el conocimiento
- México cuenta con capacidades básicas para incorporarse con ventajas a esta megatendencia
- El uso de la nanotecnología impacta favorablemente en los costos de producción, respecto del uso de materiales o tecnologías tradicionales
- Existen amplias posibilidades para el establecimiento de actividades de cooperación y fuentes de financiamiento internacional para el fomento y desarrollo de la nanotecnología.
- En 2015 se presentará una demanda mundial de 2 millones de empleos especializados en nanotecnología. Los empleados en micro y nanotecnología están bien pagados y tienen un alto nivel educativo

Se presentan asimismo, las conclusiones derivadas del "NanoforumEULA Fact Finding Mission_August 2007", efectuado del 24 al 30 de agosto de 2007 con sede en 4 ciudades de la republica (Saltillo, León, San Luís Potosí y México), con la participación de 13 expertos de la Unión Europea:

- La situación de la investigación en nanociencia y la nanotecnología en México, en general es buena
- No existe una relación academia-industria y se observa una falta de interés y de recursos por parte del sector productivo para invertir en el desarrollo de nuevos materiales y lograr así, una real competitividad mediante un valor agregado en los productos
- No existe el suficiente apoyo e información para los investigadores sobre el registro de patentes o la generación de negocios.
- El apoyo creciente de la Secretaría de Economía podría impulsar el desarrollo de la nanotecnología en México.
- México puede llegar a ser competitivo en el desarrollo y la investigación de la nanociencia y la nanotecnología para el tratamiento de agua, materiales para la construcción y vivienda, así como en los procesos relacionados con la extracción y refinación del petróleo.

Recomendaciones

1. Llevar a cabo un amplio programa de difusión, promoción y capacitación, para dar a conocer los principios básicos y avances de la nanotecnología; sus beneficios para que sea percibida como una tecnología accesible y necesaria para aumentar o mantener en su caso su competitividad, así como los resultados de investigaciones y desarrollos que llevan a cabo grupos mexicanos de científicos y tecnólogos y que en muchos de los casos pudieran ser transferidos de inmediato al sector productivo.

   Dicho programa deberá orientarse preferentemente al sector productivo a través de las cámaras, asociaciones y agrupaciones de industriales, incorporando en el mismo a las instituciones de investigación y docencia y a quienes toman decisiones o promueven actividades industriales en los diferentes niveles de los Poderes Ejecutivo y Legislativo.

2. Crear al más alto nivel político administrativo, una Iniciativa o Programa Nacional de Nanotecnología que contenga las metas, objetivos, estrategias y acciones para el desarrollo de la nanotecnología en México, dotado de un presupuesto adecuado para:

   - Apoyar a la educación en ciencia y tecnología desde niveles básicos hasta los programas de posgrado en nanotecnología, para incrementar la matrícula y mejorar su calidad.
   - Incrementar el número de investigadores en esta materia.

- Crear o complementar la infraestructura de investigación y desarrollo necesaria en los centros de investigación y en las empresas.
- Fomentar la innovación en las empresas como medio para incrementar su competitividad.

3. Integrar una asociación estratégica que concilie los intereses y las necesidades de los sectores gubernamental, académico y empresarial.

4. Desarrollar clusters y/o consorcios regionales en el tema de la nanotecnología, impulsando la creación de redes nacionales e internacionales de colaboración, que integren el ámbito científico tecnológico, el gubernamental y el empresarial. En este sentido, se deberá considerar la formación de grupos multidisciplinarios, que simultáneamente aborden la problemática técnica y sus efectos para la sociedad, la economía, la salud y otros como el medio ambiente y energía, que se encuentran alrededor de su ejecución.

5. Elevar el nivel de capacitación y entrenamiento de los trabajadores ocupados en el sector industrial, en las materias relacionadas con nanotecnología.

6. Promover la canalización de recursos humanos hacia trabajos en nanotecnología y facilitar su movilidad internacional para aumentar la masa crítica de investigadores que trabajan en México.

7. Aprovechar cabalmente la infraestructura existente creando mecanismos que faciliten compartir equipos entre centros de investigación y de éstos con empresas.

8. Diseñar e implementar esquemas de cooperación internacional para formar recursos humanos y realizar investigación con alianzas estratégicas.

9. Establecer una política de desarrollo industrial que específicamente incorpore a la nanotecnología como una herramienta para el fomento de la productividad y competitividad del sector.

10. Promover la creación de nuevos negocios, para lo cual se recomienda:

- Aprovechar las oportunidades de negocio que se presentan en las cadenas de suministro para crear empresas nuevas especializadas en la producción de insumos de base nanotecnológica, mediante instrumentos de apoyo específicamente diseñados para este fin.
- Crear empresas incubadoras para apoyar el surgimiento de empresas especializadas en nanotecnología.
- Crear un fondo de capital de riesgo para impulsar la creación de empresas nuevas de alta tecnología especializadas en nanotecnología.
- Crear un estímulo fiscal para las empresas que desarrollen nanotecnología o que innoven procesos y productos mediante el uso de la nanotecnología.

- Establecer indicadores de impacto relacionados con la producción industrial en la operación de los instrumentos de apoyo (empresas creadas, escalamiento industrial, ventas).
- Apoyar la creación de empresas que suministren bienes y servicios relacionados con protección en el trabajo, impacto ambiental y en la salud.
- Paralelamente a la búsqueda de recursos fiscales específicos para promover el desarrollo y la innovación empresarial en el área de la nanotecnología, utilizar los instrumentos de apoyo generales que ya existen para generar casos de éxito que puedan mostrarse a los tomadores de decisiones en los sectores empresarial, legislativo y hacendario.

11. Llevar a cabo actividades de investigación, desarrollo e innovación para las empresas en el campo de la nanotecnología, para lo cual se sugiere:

- Motivar a los investigadores para que trabajen con la industria mediante la aportación de recursos del gobierno para la realización de proyectos orientados a lograr aplicaciones industriales y la creación de empresas, para lograr que el beneficio económico que obtengan trabajando de esa forma sea superior al que obtienen del Sistema Nacional de Investigadores por publicar.
- Eliminar los impedimentos normativos para que los investigadores de universidades y centros de investigación públicos trabajen con empresas privadas. Para esto es necesario: a) resolver el conflicto que se deriva de la Ley Federal de Responsabilidades de los Servidores Públicos que establece que funcionarios públicos no pueden trabajar, durante el año posterior al momento en que hayan dejado sus puestos dentro de una institución del sector público, en empresas que tengan relación con el conocimiento de los temas que trataron en dicho puesto, y b) Promover que en la normatividad interna de universidades y centros de investigación públicos se eliminen los obstáculos para que los investigadores perciban ingresos por sus actividades relacionadas con empresas privadas.
- Crear instrumentos de apoyo gubernamental que premien el trabajo conjunto de empresas y centros de investigación.
- Crear fondos similares a los fondos sectoriales (SE-Conacyt) para apoyar el trabajo de centros de investigación con empresas, específicamente destinados a tecnologías nuevas.
- Incluir el tema de nanotecnología en las agendas sectoriales (por ejemplo en la de industria del plástico, los sectores de energía y medio ambiente, etc.).
- Crear planes de trabajo (roadmaps) por sector, que permitan establecer metas y agendas de trabajo para llegar con éxito al desarrollo de aplicaciones útiles para resolver las necesidades específicas en cada sector.
- Involucrar a las diferentes dependencias del gobierno, a fin de que utilicen la nanotecnología para resolver problemas nacionales identificados. Por ejemplo en los sectores de agricultura, salud, energía, medio ambiente y petróleo, entre otros. Cabe destacar por su trascendencia, la aplicación de esta disciplina en la generación de energía de fuentes alternas no contaminantes.

- No destinar recursos para investigación sólo a resolver problemas sectoriales, sino aprovechar la característica de transversalidad en las aplicaciones de la nanotecnología, apoyando la investigación y desarrollo independientemente del destino de los resultados, como se hace en otros países.

12. En materia de propiedad intelectual se propone:

- Promover y facilitar el aprovechamiento de la normatividad en materia de propiedad intelectual e industrial.
- Buscar los mecanismos más convenientes que permitan a investigadores y tecnólogos privilegiar el patentamiento antes que la publicación de artículos, con el propósito de que los beneficios de la investigación, desarrollo e innovación se queden en el país.

13. Para protección del trabajador, usuario y medio ambiente, se requiere de desarrollar la normatividad necesaria en relación con protección de los trabajadores expuestos a la emisión de nanopartículas, así como con el impacto ambiental y en la salud de los usuarios de productos con base nanotecnológica.

    Para determinar las implicaciones sociales se sugiere:

- Asignar, dentro del presupuesto nacional para ciencia y tecnología una partida específica para la investigación de los riesgos y beneficios sociales asociados con el desarrollo de la nanotecnología.
- Determinar, a través de los centros e instituciones de investigación, metodologías de monitoreo estandarizadas y parámetros de medición para evaluar los efectos de la exposición ocupacional y no ocupacional a nanopartículas considerando variables de peligro y riesgo.
- Establecer un sistema de información al público para informar del impacto al medio ambiente, la salud y la seguridad así como de los beneficios derivados de la nanotecnología. Este deberá ser dirigido por una instancia de gobierno y apoyado por los sectores involucrados. El debate público enriquece culturalmente a la sociedad, genera conciencia y permite elegir el destino frente a los beneficios y riesgos potenciales de las nuevas tecnologías.
- Integrar el sistema de información a las redes internacionales que existen en la materia para mantener un consenso actualizado tanto de los avances en la solución como en la aparición de nuevos riesgos.
- Reforzar en el sistema educativo nacional, los conceptos de preservación de la salud, el medio ambiente y la seguridad relacionados con el desarrollo de nuevas tecnologías. Es necesario que la ciencia y la tecnología ocupen un lugar más destacado dentro del conocimiento de la sociedad.

Además de las anteriores, se incluyen las recomendaciones específicas efectuadas por los expertos europeos, derivadas del "NanoforumEULA Fact Finding Mission_August 2007":

- Establecer una red nacional articulada
- Contar con una Iniciativa o Plan Nacional de nanociencia y nanotecnología, y
- Fomentar la movilidad de estudiantes de México a la Unión Europea.

Introducción

La nanotecnología se colocó en el centro de la atención del público mundial en 2001, cuando el Presidente Clinton aprobó el presupuesto para la "US National Nanotechnology Initiative (NNI)". La cantidad original presupuestada en ese año fue de $442 millones de dólares[7], la cual demostró la relevancia anticipada de la nanotecnología para el crecimiento económico de los Estados Unidos de Norteamérica (EUA), así como la importancia estratégica de esta disciplina para la seguridad nacional. Tres años después, en Diciembre de 2003, el Presidente Bush firmó la "21st Century Nanotechnology Research and Development Act", asignándole $849 millones de dólares en recursos económicos, duplicando de esta manera el presupuesto de 2001.

Después de este claro mensaje de compromiso de los Estados Unidos con el desarrollo de la nanotecnología, los gobiernos alrededor del mundo revaluaron sus políticas nacionales vigentes en este rubro, o definitivamente comenzaron a desarrollar una visión estratégica de su posición a largo plazo en nanotecnología.

Desde entonces, la inversión en nanotecnología tanto de los gobiernos como de las empresas a nivel mundial se ha venido incrementando a pasos agigantados. De acuerdo al último reporte de Lux Research "Profiting from International Nanotechnology", en 2006 la inversión mundial en investigación y desarrollo de la nanotecnología alcanzó los 12,400 millones de dólares y se vendieron nanoproductos por un monto de 50,000 millones de dólares. Este estudio encontró que Estados Unidos, Japón, Alemania y Corea del Sur permanecen como líderes y China se acerca aceleradamente para incorporarse a este grupo.

De la inversión total mencionada, los gobiernos (liderados por Estados Unidos y Japón) gastaron 6,400 millones de dólares, 10% más que en 2005, mientras que las empresas (con los mismos líderes) invirtieron 5,300 millones, 19% más que el año anterior. De este total, los Estados Unidos ocupan el primer sitio con 1,930 millones de dólares, seguidos por las empresas japonesas con 1,700 millones[8].

¿Qué es lo que ofrece la nanotecnología que ha impulsado a los gobiernos y a la industria a comprometer cuantiosos recursos, humanos y económicos, en una tecnología tan joven y que tiene tan poco tiempo de recibir la atención de la comunidad científica? ¿Qué es lo que la nanotecnología está poniendo sobre la mesa de la innovación que no puede ser ignorada por los planificadores financieros y económicos? Podemos responder a estas preguntas considerando que esta nueva tecnología a escala nanométrica, representa la próxima revolución científica-industrial, basada en la capacidad de medir, manipular y organizar la materia en la escala del nanómetro.

[7] Nanotechnology: Global Strategies, Industry Trends and Applications. Edited by J. Schulte. 2005 John Wiley & Sons, Ltd.
[8] Lux Research; Nations Ranking 2007

Según la Fundación Nacional para la Ciencia (NSF) y la National Nanotechnology Initiative (NNI) de los Estados Unidos de Norteamérica, la nanotecnología es la habilidad de entender, controlar y manipular la materia a nivel de átomos y moléculas individuales, así como en el nivel "supramolecular", incorporando grupos de moléculas (en el rango de aproximadamente 0.1 a 100 nm), a fin de crear materiales, dispositivos y sistemas con nuevas propiedades y funciones debido a su pequeña estructura. La definición implica utilizar los mismos principios y herramientas para establecer una plataforma unificadora para la ciencia y la ingeniería en la nanoescala, y utilizando interacciones atómicas y moleculares para desarrollar métodos de producción eficientes[9].

De acuerdo a la definición establecida por la U.K. Royal Society & Royal Academy of Engineering (RS&RAE), “nanociencia” es el estudio del fenómeno y la manipulación de materiales a escalas atómicas, moleculares y macromoleculares donde las propiedades difieren significativamente de éstas a escala mayor. “Nanotecnologías”, son el diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, instrumentos y sistemas a través del control de la forma y el tamaño a nanoescala.[10]

Dado que en la escala “nano”, donde un nanómetro es la unidad de longitud que equivale a una milmillonésima parte de un metro, las propiedades físicas, químicas y biológicas de los materiales difieren de manera fundamental de las propiedades de los átomos y las moléculas individuales, la investigación y desarrollo de la nanotecnología se orienta la comprensión y creación de materiales mejorados, dispositivos y sistemas que exploten estas nuevas propiedades.

Para una mejor aproximación y entendimiento de la nanoescala, se han establecido entre otras, las siguientes comparaciones:

- 1,000,000 nanómetros = 1 milímetro.
- Una hoja de papel tiene 100,000 nanómetros de espesor.
- El espesor de un cabello humano mide aproximadamente 80,000 nanómetros.
- Un nanómetro es a 1 pulgada lo que 1 pulgada es a 400 millas.
- Una persona de 1.83 m de estatura mide 1,830,000,000 nanómetros.
- Una molécula de ADN tiene 2.5 nanómetros de espesor.

Se prevé que en los próximos años, la nanotecnología tendrá un profundo impacto en las ramas industriales demandantes de materiales como la aeroespacial, automovilística, de recubrimientos, construcción, cosméticos, cerámicos, agrícola, detergentes, moldes, medicinas, fertilizantes, alimentos, energéticos, producción de combustibles, lubricantes, quirúrgicos, metales, equipo óptico, pintura, papel, farmacéuticos, polímeros, sensores, herramientas y textiles, por nombrar unos pocos solamente.

[9] Dr. M.C. Roco. National Nanotechnology Initiative - Past, Present, Future National Science Foundation and National Nanotechnology Initiative. Preprint Handbook on Nanoscience, Engineering and Technology, 2nd ed., Taylor and Francis, February 20, 2006 (printed in March 2007), pp 3.1-3.26. p 25

[10] The Royal Society & The Royal Academy of Engineering (RS&RSE). Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties. RS Policy. London. (2004, Julio). p 5.

En el mercado se encuentran ya disponibles aplicaciones de esta naturaleza, por ejemplo, los materiales nanoestructurados ya son utilizados en productos de lujo como bolas de tenis, golf o boliche (a modo de reducir el número de giros que dan las mismas); en la fabricación de neumáticos de alto rendimiento (nanopartículas); la fabricación de telas con propiedades anti-manchas o antiarrugas (nanofibras); en cosméticos, fármacos y nuevos tratamientos terapéuticos (nanoestructuras); en filtros/membranas de agua nanoestructurados y remediaciones medioambientales; en la mejora de procesos productivos mediante la introducción de materiales más resistentes o eficientes (tanto industriales como agroindustriales); o en el diseño de nuevos materiales para usos que van desde la electrónica, la aeronáutica y prácticamente toda la industria del transporte, hasta para su uso en armas más sofisticadas y novedosas (explosivos, balística, etcétera); etcétera[11].

En la última década, se identifican como principales factores detonantes de la nanociencia y la nanotecnología, el interés por la miniaturización de los dispositivos electrónicos y el estudio de los fenómenos a escala molecular que tienen lugar dentro de las células o en determinados procesos químicos. Determinante en este desarrollo, ha sido el momento en que el hombre ha sido capaz de observar y manipular átomos y moléculas mediante herramientas tan sofisticadas como el microscopio de efecto túnel (STM) y todas las técnicas que de él se han derivado.

No han sido estos avances los únicos que han contribuido a establecer una nueva forma de pensar, ya que desde ámbitos tan distintos como la microelectrónica, la catálisis, la microscopía, el modelado cuántico, o la genética, el afán ha sido el mismo: poder crear, observar, entender, manipular y hacer funcionar objetos de escala nanométrica, ya sean pequeñas cavidades donde una reacción pueda tener lugar de manera más eficiente, moléculas adsorbidas en una superficie, canales iónicos en membranas celulares, o pequeños fragmentos de una cadena de ADN para producir una modificación genética.

La expansión de esta disciplina también se ha visto influenciada por la opinión de expertos como el Dr. M. Roco, quien ha sido un elemento fundamental en la concepción e impulso de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología en EUA, al afirmar que este campo…"tiene el potencial de cambiar nuestra comprensión de la naturaleza y de la vida, desarrollar herramientas de manufactura y procedimientos médicos sin precedente, e incluso hasta influir en nuestra sociedad y relaciones internacionales. La nanotecnología promete incrementar la eficiencia en la industria tradicional y desarrollar nuevas aplicaciones radicales a través de las tecnologías emergentes[12].

[11] Delgado Ramos, G.C. : "Nanotecnología, paradigma tecnológico de vanguardia" en Contribuciones a la Economía, febrero 2007. Texto completo en http://www.eumed.net/ce/

[12] Dr. M.C. Roco. National Nanotechnology Initiative - Past, Present, Future National Science Foundation and National Nanotechnology Initiative. Preprint Handbook on Nanoscience, Engineering and Technology, 2nd ed., Taylor and Francis, February 20, 2006 (printed in March 2007), pp 3.1-3.26. p 25

Contribuyen además, algunas prestigiadas revistas, como Forbes Wolf Nanotech Report que en Enero del 2005 publicó: “Invertir hoy en nanotecnología resultará mas rentable que haber invertido en computación en 1960”; o The Economist que en su edición del mismo mes y año, menciona que aún países como China, India, Corea, Brasil, República Checa, Chile, Argentina, Sudáfrica, Rusia, México, Rumania y Costa Rica, están invirtiendo en nanotecnología. Además, la velocidad a la que se mueve la nanotecnología, es probablemente una de las razones principales de que atraiga la atención de los altos ejecutivos y administradores que establecen las estrategias de las empresas.

De esta manera, no es sorprendente que exista un creciente número de empresas que se incorporan continuamente al mercado de productos nanoestructurados. Se calcula que actualmente existen a nivel mundial, alrededor de 2,500 compañías involucradas en la Nanotecnología las cuales, como ya se ha mencionado, obtuvieron ingresos del orden de 50,000 millones de dólares en 2006, cantidad que, según la proyección más conservadora, crecerá a 250 mil millones en los próximos 10 años.

Lo expuesto con anterioridad constituye la razón por la cual, tanto los países desarrollados, como muchos de los que se encuentran en vías de desarrollo, hayan implementado políticas y estrategias dirigidas a fomentar la investigación, desarrollo e innovación de la nanotecnología como una alternativa de crecimiento económico que permita incrementar su competitividad global.

Este estudio explora el estado de la nanotecnología y sus implicaciones económicas, sociales, medioambientales, éticas, laborales y de salud pública, tanto a nivel mundial como en nuestro país. Constituye una revisión de las empresas nacionales e internacionales del sector de la nanotecnología y su distribución en el mercado global; incursiona en la definición de las políticas públicas, programas y proyectos implementados en los países líderes en el sector de la nanotecnología y ejemplifica el impacto económico del uso de la nanotecnología en la producción de bienes.

Propone asimismo un conjunto de políticas y estrategias aplicables en nuestro entorno, que le permitan a nuestro país incorporarse a la mayor brevedad a la competencia en esta disciplina, sin desdeñar la necesidad de evaluar los posibles riesgos y las implicaciones que rodean a esta actividad. Pretende finalmente ser una guía que facilite la toma de decisiones tendientes a que México incursione de una manera más rápida, exitosa, sustentable y redituable, en el mercado de la nanotecnología.

A. Contexto Internacional

a. Situación actual de la nanotecnología y su aplicación práctica

La nanotecnología ha resultado un poderoso instrumento, producto entre otros factores, de la corriente actual en que el lapso en que confluyen la investigación científica y el desarrollo tecnológico, se ha venido acortando. También, la intersección de campos

tan diversos como la física, la química, la biología, las ciencias de la computación y la ingeniería, han posibilitado el crecimiento rápido de la nanotecnología.

Visualizada como una revolución científico-tecnológica, la nanotecnología representa un cambio en el mundo, tal como lo visualizamos actualmente. La base del enorme impacto que se percibe prácticamente en todo el mundo, descansa en la sinergia interdisciplinaria y en las iniciativas tomadas por varios sectores sociales. Los descubrimientos de esta ciencia son fundamentales en la aplicación de sistemas, dispositivos y materiales, de tal forma que la totalidad de los conceptos de manufactura, diseño y conocimiento serán transformados radicalmente.

El alcance de esta tecnología impacta ampliamente a otras tecnologías como la electricidad, los motores de combustión interna y la computación, liberando una oleada de capacidades. Los plásticos, químicos, automóviles, aeroplanos, computadoras, semiconductores y drogas atestiguan este desarrollo sin precedentes. La Internet, referida hasta hace pocos años como la revolución de la siguiente generación, ha quedado opacada ante este nuevo fenómeno.

El Dr. M. Roco de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología de los Estados Unidos, en un artículo publicado en marzo del 2007, sitúa el avance actual de la nanotecnología, en una fase altamente competitiva, que busca aprovechar rápidamente el conocimiento derivado de la investigación, afirmando que la nanociencia y la nanotecnología han posibilitado una era de integración de la investigación básica y la ingeniería a nivel atómico y molecular, así como el incremento de la innovación tecnológica para la fabricación económica de productos y un entorno básico para mejora de la salud humana y capacidades cognitivas en el largo plazo[13].

Informa en ese mismo artículo que en 2005, alrededor de cuatro centenares de proyectos se orientaron al ensamble molecular dirigido y a sistemas y dispositivos a nivel nanoescala, moléculas a la medida y la manipulación de átomos individuales, advirtiendo que hace sólo cinco años, esos proyectos de I + D no eran viables. A la fecha de ese reporte, se han diseñado moléculas para el autoensamble jerárquico en materiales deseados; se ha construido el más pequeño nanomotor de pocos nanómetros y se han analizado las células como nanosistemas complejos. El tiempo para llegar a prototipos comerciales se ha reducido por lo menos en un factor de dos para las principales áreas de aplicación como la detección del cáncer, la electrónica molecular y las nanoestructuras de los compósitos reforzados.

En estos momentos, tanto en Estados Unidos como en Europa y Asia, se cuenta con una comunidad de ciencia y tecnología del ámbito de la nanoescala y se fomenta una sólida cultura de la investigación interdisciplinaria.

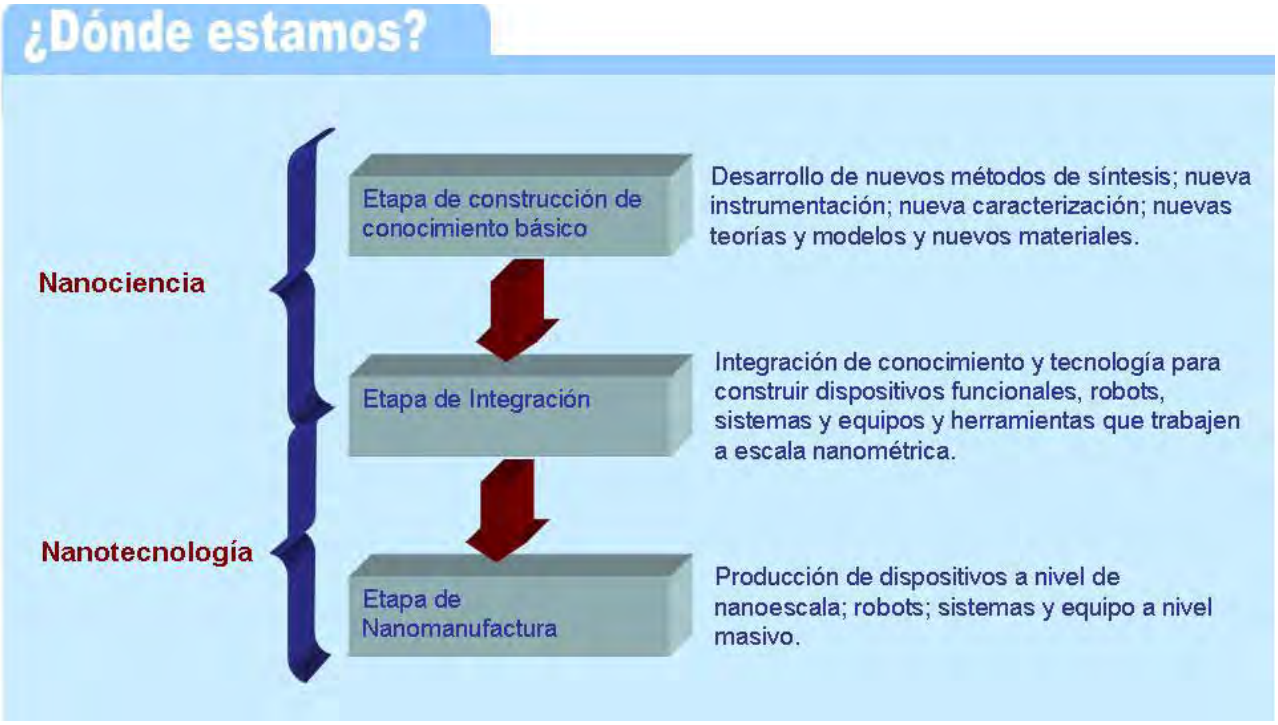
Por otro lado, tanto en Estados Unidos como en los países líderes de la Unión Europea, la educación en nanotecnología se ha ampliado sistemáticamente a niveles inferiores, incluidos los preuniversitarios, las escuelas secundarias, así como la

[13] Idem

educación informal, los museos de la ciencia y el público. Las principales universidades en sus licenciaturas de ciencia e ingeniería han introducido cursos relacionados con la escala nano.

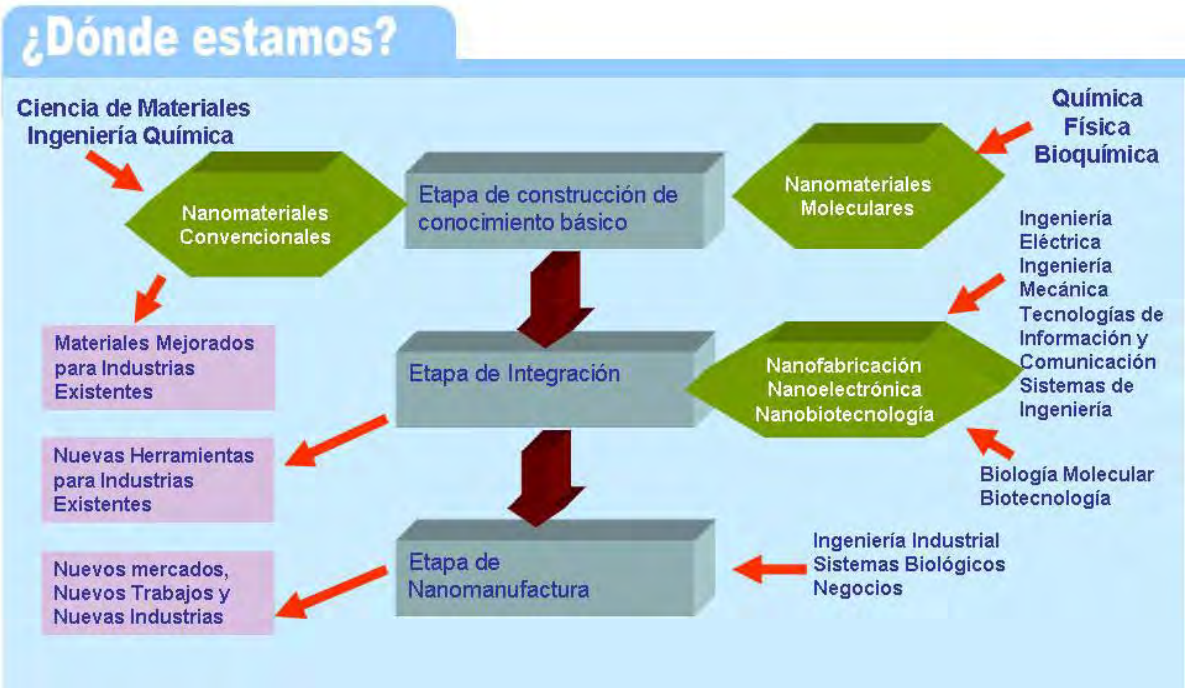
En un documento publicado por la Universidad Mahidol de Tailandia, el Doctor Teerakiat Kerdcharoen presenta de manera sencilla la situación actual de la nanotecnología, así como sus aplicaciones[14]:

Imagen A.a.1.- Situación Actual de la Nanotecnología



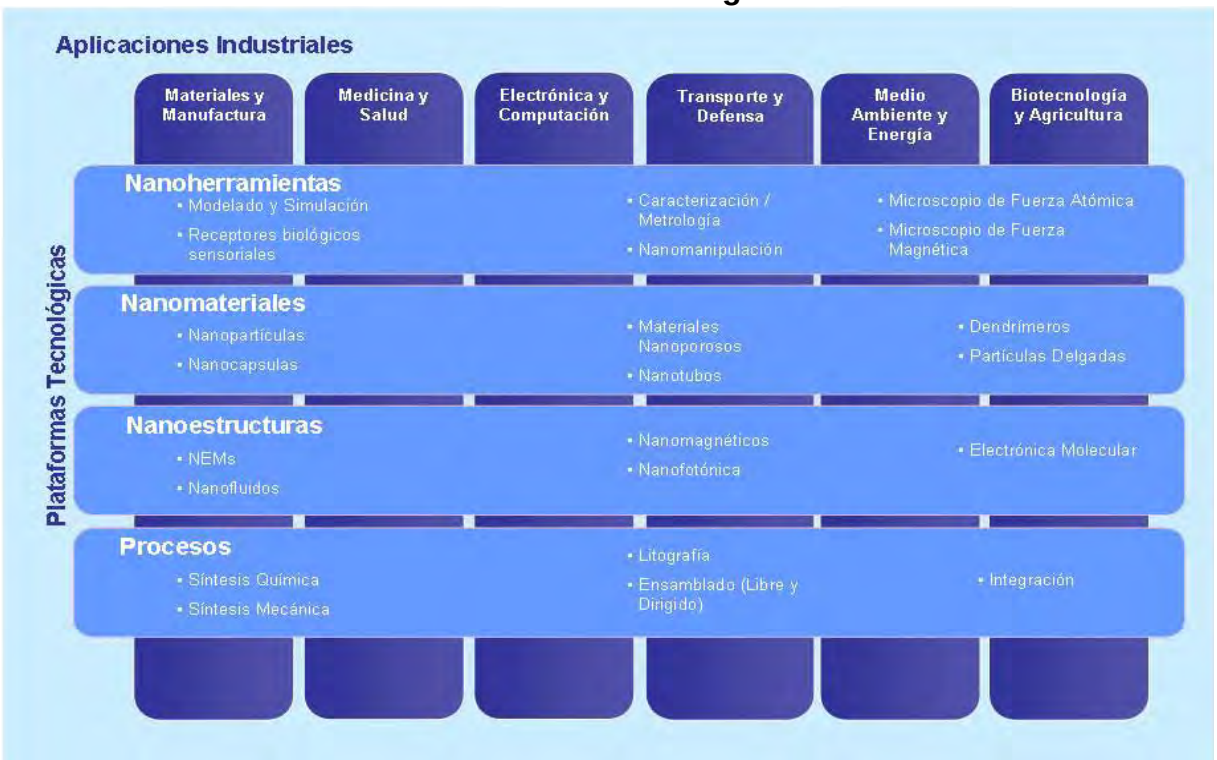
[14] Teerakiat Kerdcharoen. World Status of Nanotechnology. Mahidol University. Thailandia. http://nanotech.sc.mahidol.ac.th/nano/worldstatus.pdf

Imagen A.a.2.- Situación Actual de la Nanotecnología



Las aplicaciones en el sector industrial a partir de plataformas tecnológicas son presentadas también por el mismo autor, de manera esquemática:

Imagen A.a.3.- Plataformas Tecnológicas/Aplicaciones en el Sector Industrial de la nanotecnología



Existen una serie de aplicaciones de la Nanotecnología a la vida cotidiana y que ya se encuentran en el mercado. Ejemplos de ello se presentan a continuación:

- Apple, en su producto "iPod Nano" ha incorporado chips de memoria de Samsung y Toshiba. Samsung es el mayor productor en el mundo de chips de memoria NAND y DRAM, utiliza semiconductores con precisión de menos de 100 nanómetros. Esta precisión, en parte es lo que habilita la memoria flash NAND del iPod.

  De igual forma, Apple, lanza a principios del 2008, una nueva computadora portátil nombrada "MacBook Air", la cual observada de perfil, mide 0.4 centímetros en su parte más fina y 1.9 centímetros en su parte más gruesa y dispone de una pantalla LED de 13.3 pulgadas. Cuenta con un microprocesador Core 2 Duo fabricado por la empresa Intel, con tecnología de 45nm.[15]

- Una versión más saludable de aceite de canola ha sido creada por NutraLease, una nueva empresa israelí, usando cápsulas de 30 nanómetros, las cuales debido a su pequeño tamaño pueden filtrarse a través de los tejidos para una mejor distribución de los nutrientes.

  Otra compañía israelí, Shemen Industries, está usando el proceso para producir Canola Active, una marca de aceite de cocina adicionado con fitosteroles (esterol vegetal) que inhibe la absorción de colesterol en al sangre y disminuye el riesgo de una enfermedad de corazón.

  Las estructuras nanométricas de NutraLease, forman un transporte líquido que mejora la absorción de fitoquímicos y reduce los niveles de colesterol LDL en más del 14%

- O'Lala Alimentos. Goma de mascar Choco'la. La Cocoa nunca ha sido compatible con los polímeros que le dan la elasticidad a la goma de mascar, debido a que las grasas encontradas en el chocolate causan que la goma de mascar se separe.

  La solución de O'Lala es incorporar cristales nanométricos, modificando la morfología de la superficie y dándole a la goma una textura cremosa y un sabor a chocolate.

  La goma de mascar Choco'la está disponible comercialmente en los supermercados suburbanos al norte de Chicago en las tiendas de chocolates y en la página Web de la compañía. Un paquete de 12 piezas tiene un precio de $1.25 dólares.

[15] http://www.apple.com/es/macbookair/

- Crema facial Zelens Fullerene C-60. La crema de uso diario Zelen Fullerene C-60 cómo su nombre lo indica, incorpora Fullerenos (nano-estructura compuesta de 60 átomos de carbono) con características extraordinarias, especialmente como superconductor y antioxidante.

  Zelens asegura que su crema de reciente lanzamiento es la primera en aprovechar el poder del fullerene C60. El precio del producto es de $250 dólares y se comercializa actualmente en el Reino Unido.

- Las empresas Easton Sports y Zyvex se unieron para crear el CNT Bat. *CNT* proviene de Carbon Nanotube Technology. Los espacios entre las fibras de los bats de béisbol ordinarios contienen solamente resina, lo cual origina que con el uso se debiliten.

  La solución de Easton fue el dispersar el material de Zyvex en la base de resina. El resultado es un bat que tiene mejor desempeño, flexibilidad, absorción de energía y en general mejor resistencia mecánica. El precio de este producto es superior a los $175 dólares.

- Prendas de Vestir. Textiles Nano-Tex tiene una lista de productos mejorados con nanotecnología a través de la modificación de sus fibras que ayudan a repeler líquidos y manchas, controlan temperatura y le dan a las prendas el planchado permanente y conservación de color, sin afectar la calidad de la textura del producto.

  La empresa Nanotex tiene la intención de lanzar nuevos productos utilizando la misma tecnología pero con otras variedades del algodón, poliéster, rayón.

- Calcetas a prueba de olores. En la empresa ARC Outdoors, Calcetas-ArcticShield incorporaron 19 nanómetros de partículas de plata entre las fibras. La plata se ha utilizado anteriormente contra el olor y hongos en las calcetas, debido a que son ampliamente conocidas sus propiedades antimicrobiales.

  Sin embargo, el material nunca se adhirió bien con polímeros, por lo que había la necesidad de ser aplicado en spray o tejido directamente en la tela como un incómodo hilo de metal.

  NanoHorizons desarrolló un proceso patentado que solucionó ese problema de compatibilidad entre el polímero y la plata. Ahora se vende como el compuesto poliéster master E47, el cual ayuda a hacer calcetas de fibra sintética confortables con una resistencia permanente a los olores y hongos.

- La empresa de pinturas para cocinas y baños Behr, incorporó nanotecnología en sus procesos, a través de aditivos de tamaño nanométrico, que dan mayor densidad al látex acrílico base agua. Al secarse el aditivo, se forma una película más durable y resistente al agua, hongos, manchas y grasa.

- Cubierto con unas docenas de nanómetros de película fotoactiva, los vidrios Pilkington Activ se autolimpian efectivamente mientras la radiación natural de la luz solar reacciona químicamente con los depósitos de suciedad orgánica en al superficie. Cuando llueve o le cae agua, la película hidrofóbica hace que las gotas de agua y polvo se esparzan en la superficie. Estos productos están disponibles en Home Depot y otras tiendas.

- Un nanotubo patentado es el componente activo detrás del Purificador de aire NanoBreeze. El tubo en sí es lo suficientemente largo para manipularlo, pero está envuelto en una red de fibra de vidrio cubierta con una película de cristales de dióxido de titanio que mide 40 nanómetros. Cuando está encendido, el nanotubo irradia luz UV que carga los cristales para crear poderosos agentes oxidantes que destruyen gérmenes y contaminantes del aire circulando sobre la superficie del tubo.

- Aplicaciones Automotrices. Sensores de oxígeno, temperatura, presión, campo magnético, aceleración. Baterías de carga rápida para carros híbridos. Películas delgadas con propiedades hidrofóbicas para aplicación en vidrios. Compósitos de polímeros y nanotubos de carbón para mejorar cubiertas. Cerámicos para mejorar los catalizadores y reducir emisiones. Nano tubos de carbón para aligerar estructuras. Catalizadores y nano membranas en celdas de combustible. Nano polvos y recubrimientos para pintura. Nano arcillas y polímeros para mejorar los neumáticos. Tableros de alta luminosidad.

En el sitio de Internet “Proyecto en Nanotecnologías Emergentes” establecido por el Centro Internacional Woodrow Wilson en Estados Unidos de Norteamérica, se presentan 580 productos de uso cotidiano entre los que se incluyen los anteriormente mencionados, muchos de los cuales ya se encuentran disponibles en el mercado y que son producto de desarrollos nanotecnológicos[16].

b. Tendencias tecnológicas hacia los próximos 20 años

El futuro de la nanotecnología es una gran interrogante. Los futurólogos dicen que estamos entrando en una nueva era, tal como las revoluciones industriales de los siglos XVIII y XIX. Estas revoluciones cambiaron todas las formas de vida de la población. Pero nadie en ese tiempo podría haber predicho cómo esos cambios se desarrollarían.

Se ha hablado mucho de la tendencia hacia la producción de dispositivos a escalas cada vez más decrecientes. Muchos han predicho que los dispositivos a escala nanométrica continuarán con esta tendencia a niveles sin precedentes. Ésto incluye la reducción de escala no sólo en la microelectrónica, sino también en campos como MEMS y la computación basada en interruptores cuánticos en el corto plazo. Estos

[16] http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/browse/products/

avances tienen el potencial para cambiar la forma en que diseñamos nuestro ambiente, construimos y controlamos sistemas e interactuamos en la sociedad[17].

De acuerdo con el Dr. M. Roco, quien ha sido un elemento fundamental en la concepción e impulso de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología de EUA, hay un proceso longitudinal de convergencia y divergencia en las principales esferas de la ciencia y la ingeniería (Roco, 2002; Roco y Bainbridge, 2003). Por ejemplo, la convergencia de las ciencias a nivel de macroescala se propuso durante el Renacimiento, y fue seguida por una aguda especialización en la ciencia y la ingeniería en los siglos 18, 19 y 20. La convergencia en la nanoescala alcanzó su fuerza alrededor del año 2000, y se puede estimar una divergencia en las arquitecturas de los nanosistemas en las próximas décadas. La convergencia actual en la nanoescala se debe a la utilización de los mismos elementos de análisis (es decir, los átomos y las moléculas) y de los mismos principios y herramientas, así como la capacidad para hacer conexiones de causa y efecto de los componentes simples hacia arquitecturas de nivel superior[18].

En el ámbito de la nanoescala, los fenómenos y procesos no pueden ser separados, y no hay necesidad de disciplinas específicas para métodos promedio. En el 2000, tal como se observa en el gráfico siguiente, la convergencia ha alcanzado al mundo nano debido a que los fenómenos típicos en materiales nanoestructurados pudieron ser medidos y entendidos con un nuevo conjunto de herramientas, y las nanoestructuras han sido identificadas en la base de los sistemas biológicos, la nanofabricación, y las comunicaciones.[19]

Gráfica A.b.1.-Tendencia tecnológica

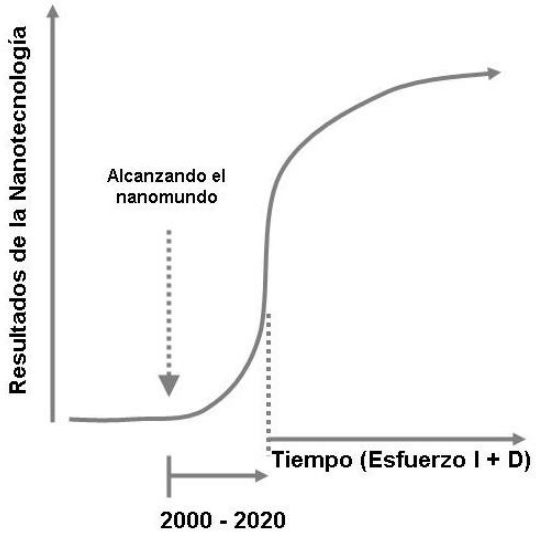
[17] Philip S. Antón, Richard Silberglitt, James Schneider. The Global Technology Revolution. Bio/Nano/Materials Trends and Their Synergies with Information Technology by 2015. RAND's National Defense Research Institute. Santa Monica, CA USA. 2001. http://www.rand.org/. p 25

[18] Dr. M.C. Roco. National Nanotechnology Initiative - Past, Present, Future National Science Foundation and National Nanotechnology Initiative. Preprint Handbook on Nanoscience, Engineering and Technology, 2nd ed., Taylor and Francis, *February 20, 2006 (printed in March 2007)*, pp 5 y 6

[19] Idem

Un nuevo reto es la construcción de sistemas nanoescalares que requerirán del uso combinado de las leyes de la nanoescala, principios biológicos, tecnología de la información e integración de sistemas. Después de 2020, se esperan tendencias divergentes en función de la arquitectura de los sistemas. Algunas tendencias divergentes posibles son las arquitecturas de los sistemas basados en: dirección molecular y ensamblaje macromolecular; robótica; biomimética y enfoques evolutivos. Mientras que en 2000 se asume estar en el inicio de la curva de desarrollo "S", también es posible estimar que en el año 2020 va a presentarse una rápida ascensión de la sección de la curva[20].

Gráfica A.b.2. Curva de desarrollo



Con base en estos movimientos y el estado actual de la nanotecnología en el mundo y particularmente en los Estados Unidos, el Dr. Roco, plantea los diez desarrollos potenciales para el 2015:

1. Al menos la mitad de los nuevos materiales avanzados y sus procesos de fabricación, se construirán usando algún control a nivel nanoescala, por lo menos en uno de sus componentes dominantes.

   Los transistores de silicio alcanzarán dimensiones más pequeñas a los 10 nanómetros y serán integrados a sistemas moleculares u otro tipo de sistemas a nivel de nanoescala. Las tecnologías alternativas para sustituir la carga electrónica como portador de información a través de los electrones, y de fase de polarización, “magnéticos de quanta flux”, y/o de la orientación “dipolo” están bajo consideración. Las tecnologías serán desarrolladas con enfoque al autoensamble hacia la

[20] Idem

organización jerárquica de estructuras y dispositivos hacia la creación de bloques funcionales de construcción a nivel nanoescala.

Materiales compuestos nanoestructurados más ligeros, nanopartículas más reactivas, combustibles menos contaminantes y sistemas automatizados por componentes nanoelectrónicos, dominarán las industrias automotriz, aérea y aeroespacial. Se espera que la fabricación "Top-down" (Arriba –Abajo) se integre con los ensambles moleculares "Bottom-up" (Abajo-Arriba) utilizando acercamientos modulares.

Los nanocatalizadores ampliarán el uso de la fabricación química con cortes y ensambles moleculares, con desperdicio mínimo. Medición y visualización de imágenes de gran dominio biológico y de interés para la ingeniería se espera que alcancen una resolución de precisión atómica y obtención de la resolución de reacciones químicas. Visualización y simulación numérica de "dominios" tridimensionales con resoluciones nanométricas serán necesarias para las aplicaciones de la ingeniería.

2. Las enfermedades crónicas se reducen significativamente. Es concebible que antes del año 2015, el conocimiento para la detección y tratamiento de tumores durante su primer año vaya avanzando y se tenga la capacidad de reducir las muertes por causa del cáncer.

   En el año 2000, se planteó como meta la detección oportuna del cáncer en el plazo de 20 a 30 años. Hoy, basados en los resultados obtenidos durante el periodo 2001-2005 para comprender las células y la nueva instrumentación disponible, se está intentando eliminar el cáncer como causa de muerte si se trata de manera oportuna.

   La síntesis farmacéutica y su procesamiento y su utilización en pacientes de manera dirigida, son mejorados por su control a nivel nanoescala, estimándose que aproximadamente la mitad de los productos farmacéuticos utilizarán nanotecnología en sus componentes claves. La modelación del cerebro basado en interacciones de neurona a neurona será posible usando avances en la medición y simulación a nivel nanoescala.

3. La convergencia de la ciencia y la ingeniería a nivel nanoescala establecerán un patrón para la aplicación y la integración de la nanotecnología, que a su vez incorporará la biología, electrónica, medicina, aprendizaje y otros campos (Roco y Bainbridge, 2003).

   Incluye la fabricación híbrida, ingeniería neuromórfica, órganos artificiales, incremento en la expectativa de vida, mejora en el aprendizaje y capacidades sensoriales. La ciencia y la ingeniería de nano-bio-sistemas llegarán a ser esenciales para el cuidado de la salud y la biotecnología. Se espera que el cerebro y las funciones nerviosas de los sistemas sean medibles con relación a la ingeniería cognitiva.

4. La biocompatibilidad y la sustentabilidad del ciclo de vida seguirán en el desarrollo de nuevos productos. El desarrollo del conocimiento en relación con la nanotecnología, conducirá a reglas confiables de seguridad para limitar consecuencias inesperadas ambientales y de la salud, a causa de las nanoestructuras. El control del contenido de nanopartículas será realizado en aire, suelos y aguas usando una red nacional. Los acuerdos internacionales tratarán la nomenclatura, los estándares y la gobernabilidad del riesgo de la nanotecnología.

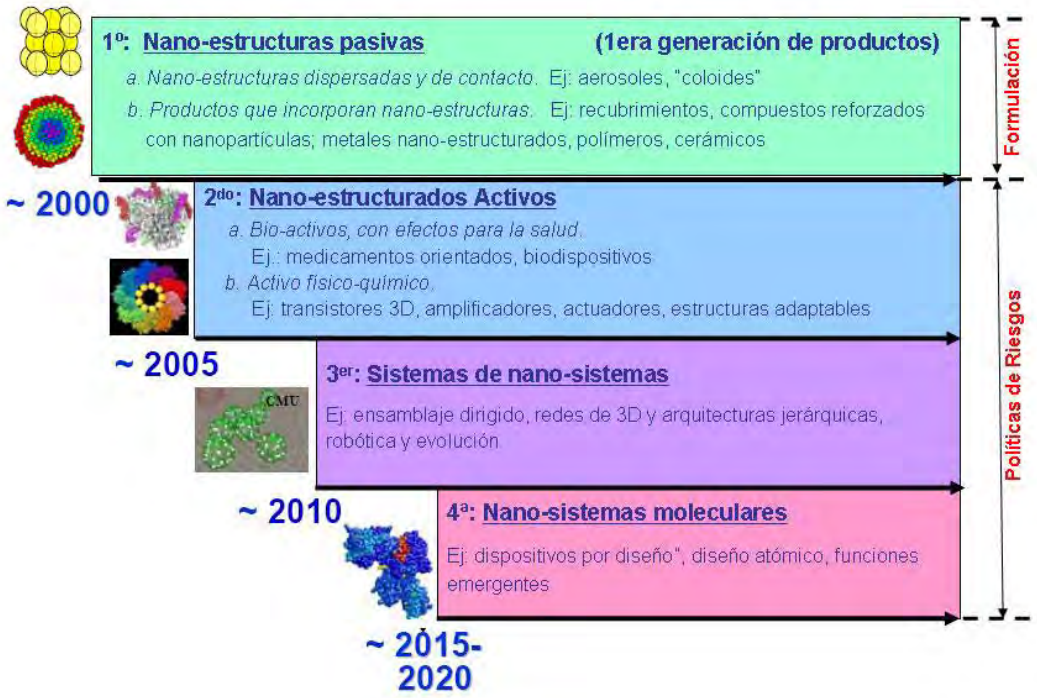
5. El desarrollo del conocimiento y la educación se originarán a nivel nanoescala en vez de la microescala. Un nuevo paradigma de la educación no basado en disciplinas, sino en la unidad de la integración de la naturaleza y de la educación-investigación será puesto a prueba.

   Los cambios del paradigma de la ciencia y de la educación serán por lo menos tan fundamentales como éstos durante la "transición de la micro-escala C&E (ciencia y educación)" originada en 1950, donde el análisis micro-escala y el análisis científico fueron estimulados por la carrera para llegar al espacio y la revolución digital. La nueva "transición nano-escala" cambiará la base del análisis y el lenguaje de la educación estimulada por los productos de la nanotecnología. Esta nueva "transición" se originó en el umbral del tercer milenio.

6. Los negocios y organizaciones basados en la nanotecnología se reestructurarán hacia la integración con otras tecnologías, la distribución de la producción, la formación de educación continua, y la formación de los consorcios de actividades complementarias. Las tecnologías tradicionales y emergentes serán afectadas de igual manera. Un desarrollo importante será la creación de las plataformas de I + D de la nanotecnología para servir a varias áreas de aplicaciones con las mismas herramientas investigadoras y productivas. Dos ejemplos son la plataforma de nanotecnología creada recientemente en un laboratorio por la empresa General Electric y la plataforma "Discovery" desarrollada en Sandia National Laboratories.

7. Las capacidades de la nanotecnología para el control sistemático y manufactura a nivel nanoescala, se prevén desarrollarse en cuatro generaciones traslapadas de nuevos productos relacionadas con la nanotecnología (Roco, 2004b). Cada generación de productos es marcada aquí por la creación de los primeros prototipos comerciales usando el control sistemático de los respectivos prototipos y procesos de manufactura:

Imagen A.b.1.- Generaciones de nuevos productos



a. Primera Generación de productos (~2001-) son los "nano-estructurados pasivos" y se utilizan para construir funciones y propiedades a nivel macro-escala. El comportamiento específico es estable en el tiempo. Ej: recubrimientos nano-estructurados, la dispersión de nanopartículas y materiales a granel – metales nano-estructurados, polímeros y cerámicos.

b. Segunda generación de productos (~ 2005 -) son los "nano-estructurados activos" para los efectos mecánicos, electrónicos, magnéticos, fotónicos, biológicos y otros. Se integra típicamente en los dispositivos y los sistemas a nivel micro-escala. Los transistores nuevos, componentes nano-electrónicos más allá del CMOS, amplificadores, "targeted drugs" (medicamentos puntuales), productos químicos, los actuadores, los "músculos artificiales" y las estructuras adaptadas ilustran ésto.

c. Tercera generación (~ 2010 -) son los "sistemas de nano-sistemas con nano-sistemas tridimensionales" usando varios métodos de síntesis y técnicas de ensamble tales como el bio-ensamble; robótica con comportamiento inteligente y evolucionario. El desafío predominante es la correlación a nivel nano-escala con las arquitecturas jerárquicas. El enfoque de la investigación se orientará hacia las nano-estructuras heterogéneas y los sistemas de ingeniera "supra-molecular". Ésto incluye el auto ensamble multi-escala, tejidos artificiales y sistemas sensoriales, interacciones cuánticas dentro de los sistemas a nivel nano-escala, el procesamiento de la información usando los fotones o el "spin electrónico", ensamble de sistemas electromecánicos a nivel nano-escala

(NEMS) y las plataformas convergentes de las tecnologías (nano-bio-info-cogno) integradas a nivel nano-escala.

d. Cuarta generación (~ 2015 -) traerá “nano-sistemas moleculares heterogéneos”, donde cada molécula en el nano-sistema tiene una estructura específica y desempeña una función específica. Las moléculas serán utilizadas como dispositivos y desde sus estructuras y arquitecturas dirigidas emergerán nuevas funciones fundamentales. Diseñando nuevos ensambles atómicos y moleculares se espera que aumenten en importancia, incluyendo las macromoléculas “por diseño”, máquinas a nanoescala, y auto ensamble multiescala, capitalizando en el control cuántico, nano-sistemas biológicos para el cuidado de la salud, interfaz máquina – humano al nivel del sistema nervioso y tejidos.

   La investigación incluirá temas tales como: manipulación atómica para el diseño de moléculas y de sistemas supramoleculares, interacción controlada entre la luz y la materia con impacto en la conversión de la energía entre otros, control cuántico de los procesos moleculares mecánico-químico, nanosistemas biológicos con aplicación en el cuidado de la salud, sistemas agrícolas, interfaz máquina – humano al nivel del sistema nervioso y tejidos.

8. Conversión de energía - es un objetivo principal del desarrollo de la nanotecnología y se espera que los proyectos exploratorios en áreas tales como conversión “fotovoltaica” y conversión directa de energía térmica a eléctrica, sean desarrollados

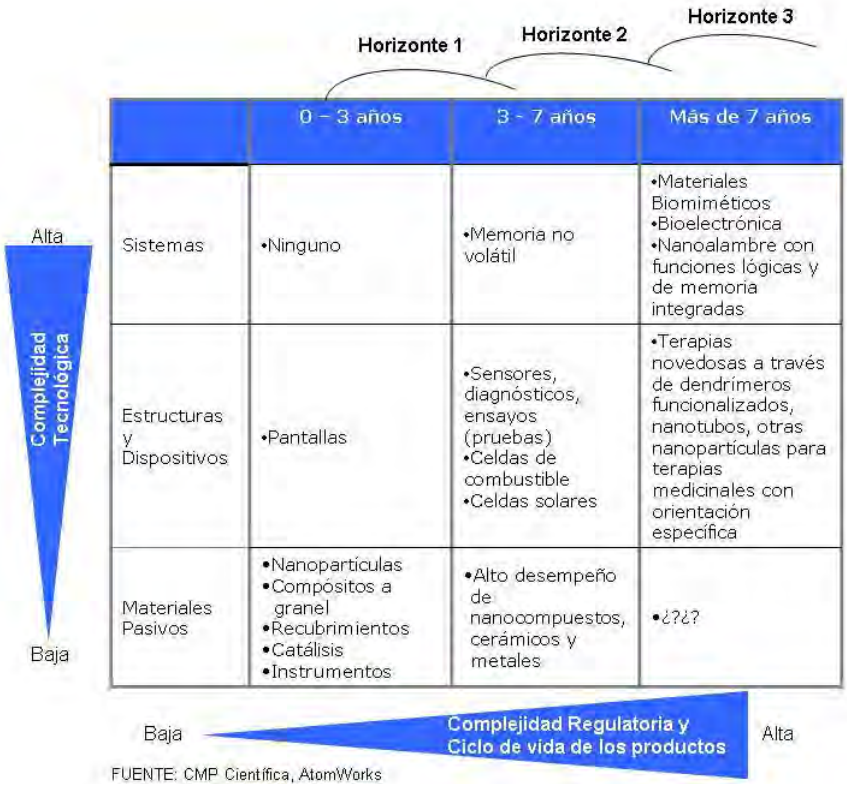
9. Filtración y desalinización del agua – utilizando la nanotecnología tiene una alta promesa a pesar de los escasos esfuerzos que se llevan a cabo en el mundo.

10. Nano-informática -se desarrollarán bases de datos específicas y sus métodos para utilizarlos en la caracterización de los nano-componentes, sus materiales y los procesos integrados a nivel nano-escala. Estas bases de datos se interconectarán con otras bases de datos tales como el genoma del ser humano, plantas y la bio-informática.

El Dr. Teerakiat Kerdcharoen, de la Mahidol University, en una reunión para elaborar el plan nacional de trabajo en nanomateriales presentó su evolución en un horizonte que contempla tres etapas, la última de las cuales se sitúa en un plazo mayor a los 7 años, evidenciando en la misma la transición de los nanomateriales a los nanosistemas[21].

[21] Teerakiat Kerdcharoen. World Status of Nanotechnology. Mahidol University. Thailandia. http://nanotech.sc.mahidol.ac.th/nano/worldstatus.pdf

Imagen A.b.2.- Evolución de los nanomateriales



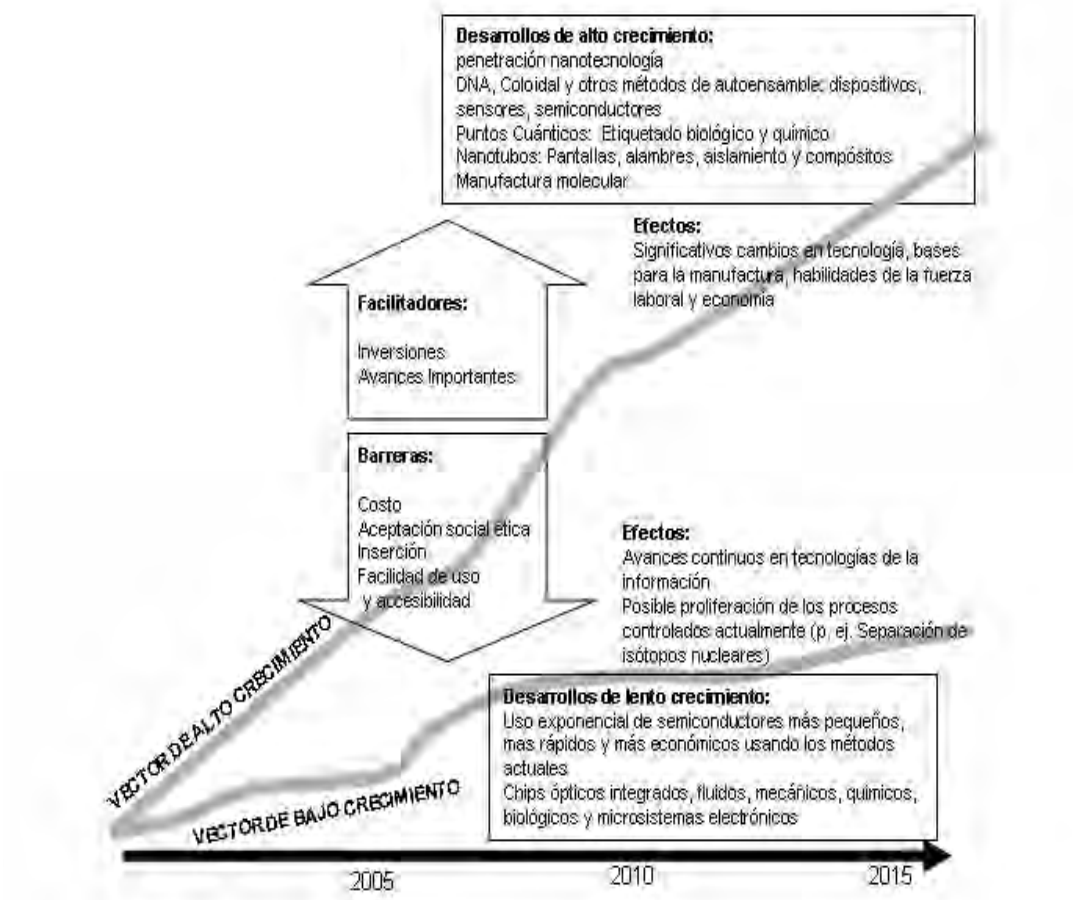
En un informe presentado en el 2001 a la Comisión Nacional de Defensa de los EUA, (Antón, Silberglitt, et al) se indica que las inversiones monetarias y los avances tecnológicos altamente visibles, serán necesarios para hacer realidad todo el potencial de la nanotecnología, pero los gastos de investigación y desarrollo, la aplicación, la complejidad, la accesibilidad, e incluso la aceptación social (por ejemplo, de nanomáquinas inteligentes) pueden frenar su crecimiento[22].

La siguiente gráfica muestra la amplia gama de opiniones acerca de las perspectivas de la nanotecnología hacia el 2015 desde el punto de vista de los autores anteriormente mencionados, así como los facilitadores, las barreras y los efectos. La situación optimista del futuro es quizás mejor ejemplificada por la visión de la participación dominante de la nanotecnología incorporando la fabricación molecular de una serie de nanosistemas con capacidades revolucionarias; además, la nanomanufactura se llevaría a cabo a escala mundial, dando a los países en desarrollo la oportunidad de invertir y participar en esta revolución científico tecnológica. Desde un punto de vista más pragmático, la falta de avances tecnológicos puede limitar los resultados hacia el 2015 a un camino evolutivo donde la tendencia actual a sistemas más pequeños, más rápidos y más baratos continúa a través de avances de los

[22] Philip S. Antón. Richard Silberglitt. James Schneider. The Global Technology Revolution. Bio/Nano/Materials Trends and Their Synergies with Information Technology by 2015. RAND's National Defense Research Institute. Arlington, VA. 2001. pp 33-34

sistemas a nivel nano en la producción de semiconductores, para cumplir la Ley de Moore[23].

Gráfica A.b. 3.- Posible desarrollo futuro y efectos de la nanotecnología



Fuente: Philip S. Antón, Richard Silberglitt, James Schneider. The Global Technology Revolution. Bio/Nano/Materials Trends and Their Synergies with Information Technology by 2015. RAND's National Defense Research Institute. USA. 2001. p. 34.

[23] La Ley de Moore expresa que aproximadamente cada dos años se duplica el número de transistores en una computadora. Se trata de una ley empírica, formulada por Gordon E. Moore el 19 de abril de 1965, cuyo cumplimiento se ha podido constatar hasta hoy. Algo más tarde modificó su propia ley al afirmar que el ritmo bajaría, y la densidad de los datos se doblarían aproximadamente cada 18 meses. Esta progresión de crecimiento exponencial es lo que se considera la Ley de Moore. Sin embargo, el propio Moore ha puesto fecha de caducidad a su ley: "Mi ley dejará de cumplirse dentro de 10 o 15 años", según aseguró durante la conferencia en la que hizo su predicción y afirmó que no obstante, una nueva tecnología vendrá a suplir a la actual

El Grupo Chemical Industry Vision2020 Technology Partnership, presentó en 2003 su visión de las principales nanotecnologías a desarrollar durante los próximos 20 años[24].

Cuadro A.b.1.- Principales nanotecnologías a desarrollar durante los próximos 20 años

Síntesis y Comprensión Fundamental	
Plazo	**Prioridades de Investigación y Desarrollo**
20 años	Desarrollar el entendimiento fundamental de la estructura-propiedades-procesos relacionados con la nanoescala Comprender el origen, comportamiento y efectos de la nanoescala y desarrollar la habilidad de predecir sus propiedades, tales como: • Dureza y ductilidad • Propiedades ópticas y electrónicas • Transporte • Reactividad • Propiedades catalíticas • Termoeléctrica y propiedades piezoeléctricas • Propiedades magnéticas
15 años	Desarrollar modelos, teorías y validación experimental de la física y la química en la nanoescala, incluida la cinética y termodinámica como principios rectores de la síntesis y el ensamblaje. • Fase de elaboración de diagramas de control para la composición de nanoestructuras de los materiales así como nanomateriales • Conocimiento básico de procesos de autoensamblaje, especialmente los gobernados por fuerzas no covalentes (Por ejemplo, entender los procesos biológicos como el reconocimiento molecular y de síntesis y la traducción de estos principios a los sistemas fabricados por el hombre. • Nucleación, crecimiento y mecanismo de desensamblado • Mecanismos de control de la interacción intermedia en la producción de nanopartículas (no aglomeración), dispersiones, nanocompuestos y la resolución del espacio en nanoestructuras, especialmente tener el conocimiento del control de defectos y de colocación, logrando la uniformidad y el control del tamaño de las partículas y la integración de los distintos materiales como orgánico / inorgánico / biológicos de los compuestos • Control de mecanismos heterogéneos de integración a través de

[24] Chemical Industry. R&D Roadmap for Nanomaterials By Design: From Fundamentals to Function. Chemical Industry Vision2020 Technology Partnership. Prepared by Energetics, Incorporated. December 2003. www.ChemicalVision2020.org

Síntesis y Comprensión Fundamental	
Plazo	**Prioridades de Investigación y Desarrollo**
	escalas tiempo y de longitud • Base de datos de las principales propiedades de los nanomateriales (Por ejemplo, físicos, químicos, mecánicos) que compare el rendimiento de los materiales. Esta base es necesaria para revelar las semejanzas, las diferencias y las características únicas dentro de los grupos de construcciones y estructuras a nanoescala y permitirá determinar las características mínimas de las construcciones o estructuras, así como sus propiedades para de esta manera poderlas comprobar. • Las herramientas de la Cinética y las normas de síntesis y ensamblaje de la termodinámica, pueden ser usadas por los investigadores para racionalizar los primeros principios para el diseño nanomateriales.

Desarrollo de Estrategias para el Diseño de Nanomateriales	
Plazo	**Prioridades de Investigación y Desarrollo**
15 años	Desarrollo de nuevos paradigmas para la creación de nuevas construcciones o estructuras basadas en los conocimientos de la física y la química a nivel nano. • Nueva catálisis por nucleación, crecimiento y desensamble de nanoestructuras. • Métodos confiables y de fácil funcionalidad para el control de las interfases de interacción y aglomeración
15 años	Desarrollar nuevas estrategias y paradigmas para el control del ensamblaje de nanocompuestos y espaciado de nanoestructuras con orden de largo alcance • Nuevos métodos de autoensamble basados en la explotación tanto de los principios biológicos como del reconocimiento molecular y de síntesis, así como de la química supramolecular. • Métodos de integración mediante escalas de tiempo y longitud de materiales (Integración jerárquica heterogénea)
20 años	Determinar en el laboratorio a nivel escala el rendimiento de los nanomateriales • Visualizar el rendimiento del nanomaterial en las aplicaciones a escala en el laboratorio • Elaborar dispositivos y diseñar aplicaciones, contemplando conceptos y paradigmas, para la explotación de las propiedades de la nanoescala. • Desarrollar sistemas con nuevos enfoques y cambio de paradigmas, para la aplicación de los nanomateriales.

Herramientas de Caracterización	
Plazo	**Prioridades de Investigación y Desarrollo**
20 años	Desarrollo en tiempo real de métodos y herramientas para la investigación y manufactura • Métodos avanzados e instrumentación (hardware /software) para proveer propiedades físicas y químicas e información estructural en tiempo real con 1-nm -Espectroscopías -Técnicas de dispersión (Fourier Space) -Microscopías (Real Space) • Integrar técnicas individuales en 2-D, en tiempo real y sistemas de multi-sonda -Mejorar las formas de manejo y manipulación -Capacidad de miniaturización -Capacidad de aislamiento vibratorio -Reproducible -Operación: in-vacuo, in vitro e in-vivo • Integración de sondas individuales y técnicas de multi-sondas en tiempo real, imágenes de tomografía 3D - Nuevos datos de diseño de algoritmos - Asimilación de las herramientas robustas en entornos de manufactura

Modelado y Simulación	
Plazo	**Prioridades de Investigación y Desarrollo**
20 años	Desarrollar modelos fundamentales para predecir exactamente la formación de nanoestructuras • Métodos para la inclusión de la química (reacción y degradación) en modelado de las “fuerzas del entorno” para entender la formación de nanoestructuras • Modelado de la química de las interfaces deformables • Integración de la funcionalidad de la química en los modelos de nanomateriales • Simulación de ligas moleculares para modelos constitutivos • Métodos de comparación equilibrado y no equilibrado
20 años	Desarrollo de métodos para relacionar modelos entre escalas con átomos y autoensamblado para dispositivos • Ligar los resultados de la modelación y simulación a datos experimentales • Simultáneamente incorporar técnicas atómicas y de nanoescala desde el comienzo de los métodos para predecir propiedades o contribuciones del extracto atómico desde las propiedades observadas

Modelado y Simulación	
Plazo	**Prioridades de Investigación y Desarrollo**
	• Avanzada dinámica molecular (MD) para métodos de simulación • Modelos de propiedades que apliquen a la industria y consideren las leyes de escalamiento desde la nano hasta la meso escala (Por ejemplo: Mecánicos, eléctricos, magnéticos, ópticos, transporte colectivo [el calor, el impulso, en masa], la difusión, equilibrio termodinámico, incluida la adsorción, superficie de interacción y la reacción química) • Expandir los modelos para reconocer y predecir las nuevas propiedades emergentes de los sistemas de autoensamblado • Expandir los modelos para comprender y predecir la toxicología e impacto ambiental • Desarrollar y validar extensiones de modelos continuos desde la macro hasta la nanoescala • Combinar los efectos simultáneos (como una corriente dinámica de las fuerzas motrices y termodinámica) y proporcionar una herramienta de gran alcance para evaluar las tecnologías potenciales • Integrar desde un inicio y combinar el modelo de enfoques para mejorar la eficiencia

Normas e Informática	
Plazo	**Prioridades de Investigación y Desarrollo**
20 años	Desarrollar procedimientos estándar para síntesis de nanomateriales • Desarrollar métodos reproducibles de síntesis de nanomateriales de alta calidad, acordando criterios analíticos • Validación de métodos sintéticos a través de rondas de pruebas de intercomparación • Publicar en revistas arbitradas los métodos de síntesis validados por expertos
20 años	Elaborar un conjunto de materiales de referencia para la estandarización de la medición • Identificar las referencias estándares apropiadas para la industria química • Elaborar y comercializar bibliografía de alta calidad con los materiales de referencia para mediciones y difundirla en toda la industria química • Utilizar los resultados de las rondas de pruebas de intercomparación como referencia para calibrar los materiales y las normas.
20 años	Desarrollar métodos estándar para evaluar las propiedades físicas y químicas

Normas e Informática	
Plazo	**Prioridades de Investigación y Desarrollo**
	• Identificar el mejor método para evaluar las propiedades físicas y químicas • Identificar el mejor método para obtener y dar propiedades físicas y químicas • Difundir rápidamente los resultados de las rondas de pruebas de intercomparación a los desarrolladores de las herramientas y métodos • Garantizar que al certificar los métodos, se posea la flexibilidad necesaria para adaptarse a los nuevos enfoques y las lecciones aprendidas, así como actualizar las prácticas • Desarrollar técnicas de evaluación estadística para la validación y el análisis de las propiedades de los nanomateriales • Realizar rondas de pruebas de intercomparación para validar métodos estándar • Documentos para la estandarización de métodos en ASTM, IUPAC entre otras publicaciones

Por su parte, la Unión Europea ha establecido que las metas para el futuro en esta Región son el desarrollo de procesos de fabricación que permitan la organización de nanopartículas en arreglos supramoleculares reproducibles y en estructuras más grandes que tengan usos prácticos.[25] Las dos principales rutas que llevan a esta denominada “manufactura molecular” son:

1. “Arriba abajo”, tomando el camino que persigue la continua miniaturización de los actuales micro sistemas y procesos. No necesariamente conducirá a notables avances, pero ofrece las primeras perspectivas de obtener resultados comercializables, y

2. "De abajo arriba", síntesis que toma como modelo la naturaleza y trata de ensamblar estructuras a partir de los átomos y las moléculas.

La nanoelectrónica es uno de los principales objetivos de la investigación orientada a la realización de fabricación molecular. Reducir el tamaño de los circuitos electrónicos, permitirá la transmisión cada vez más rápida de datos. Con la actual producción de procesos de litografía, acercándose a los límites de sus capacidades para disminuir las dimensiones de los dispositivos, la nanoelectrónica podría conformar las bases para incrementar el alcance y poder de los componentes del futuro de computadoras, teléfonos, automóviles, electrodomésticos y sistemas de automatización.

[25] Roadmap of the European Technology Platform for Advanced Engineering Materials and Technologies. EuMaT. European Technology Platform for Advanced Engineering Materials and Technologies. EuMaT Roadmap, Version 27, June 2006

Ésto podría prorrogar la validez de la Ley de Moore, que establece que el poder de las computadoras se duplicará cada 18 meses, mucho más allá de su fin previsto, entre 2010 y 2020. Al nivel nano, las operaciones a la tasa de peta (10^{15}) bytes por segundo son posibles, resultando sistemas mil millones veces más eficientes que los de hoy en día. El autoensamblaje de nanoalambres de 2 nm de ancho con 9 nm de separación son ya una realidad.

La combinación de estructuras de silicio y electrónica molecular podría abrir el camino a soluciones de impresionante potencial. Dos son los objetivos inmediatos: el desarrollo de nuevos dispositivos ("switches") y el de nuevos procesos de fabricación. Más innovación podría venir cuando al revisar la arquitectura pueda resultar factible reinventar todo el equipo, no sólo el transistor.

La nanobiotecnología es otra esfera principal de investigación en esta Región. Aquí, el objetivo es combinar la ingeniería de nanoescala con la biología para manipular sistemas vivos o directamente construir materiales y dispositivos a nivel molecular inspirados biológicamente. Ésto tiene el potencial para atraer muchas innovaciones relacionadas con la salud. En el ámbito de la nanomedicina, los medicamentos y sistemas de entrega de medicamentos dirigidos a objetivos precisos, así como la ingeniería de nanomateriales para los cada vez más biocompatibles implantes y prótesis, están ahora empezando a surgir. El análisis de las células y los tratamientos pueden ser imaginados.

La física neuronal es otro fascinante ámbito de aplicación, que podría por ejemplo permitir el procesamiento de imágenes para ser vistas por las personas ciegas. Los futurólogos prevén poner a trabajar nanomáquinas en el interior del cuerpo humano, para llevar a cabo funciones celulares o reparar daños.

De manera análoga, el campo biomolecular sostiene también enormes promesas en ámbitos como la computación molecular, dispositivos optoelectrónicos y bioelectrónica.

Si el avance del autoensamble puede ser logrado y se construyen super potentes nanocomputadoras, el futuro de la nanotecnología será ilimitado. Previsiones optimistas describen la imagen de un mundo en el que los productos de consumo se fabrican prácticamente a coste cero, la contaminación es erradicada, las enfermedades y el hambre eliminadas, las plantas y los animales extintos se reintroducen de nuevo y los viajes espaciales son actividades seguras y asequibles.

c. Desarrollo de la nanotecnología en el mundo

i. Países líderes y programas implementados por países seleccionados

Introducción.- Los Estados Unidos, Japón y la Unión Europea realizan aproximadamente la misma inversión gubernamental en investigación y desarrollo de la nanotecnología al destinar alrededor de 1,000 millones de dólares cada uno, seguidos por China, Corea y Taiwán. En relación al Producto Interno Bruto (PIB), el país que

mayor inversión destina a la investigación y desarrollo de la nanotecnología es Corea con $350 dls. por cada millón de PIB, seguido por Japón con $250 dls., los Estados Unidos con $90 dls. y la Unión Europea con $86 dls.[26]

Para finales de 2006, se tienen registrados 17 países que cuentan con iniciativas y/o programas de desarrollo gubernamentales relacionados con la nanotecnología, de los cuales, 8 pertenecen a la Unión Europea, 6 a la Región Asia-Pacífico, 2 a América del Norte y 1 a América Latina. Sin embargo, se tiene conocimiento de que al menos 60 países han iniciado actividades en este campo[27].

Las diferencias entre los países líderes, se observan no sólo en el nivel de inversión, sino también en su estructura, ya que mientras Estados Unidos dedica el 65% de su presupuesto a la investigación y desarrollo académico y educativo y sólo el 10% a la investigación y desarrollo industrial, Alemania destina el 45% y 30% respectivamente y Corea asigna el 20% y 60% a estos conceptos[28]. El resto en cada caso, corresponde a instalaciones básicas y laboratorios gubernamentales.

En 2005, las fortalezas de los distintos países dentro de la investigación y el desarrollo de la nanotecnología se situaban de la siguiente manera: Estados Unidos está bien posicionado en síntesis fundamental, ensamble molecular y análisis biológico. Hay un balance relativo en nanotecnología de primera generación entre Europa, Japón y Estados Unidos, mientras que Japón tiene una mejor posición en segunda generación (nanoproductos activos) y los Estados Unidos en tercera y cuarta generación (nanosistemas complejos). Relativo a herramientas nanotecnológicas, Japón es el más desarrollado para instrumentación y Estados Unidos para modelado y simulaciones. Estados Unidos tiene el mayor número de patentes y nuevas empresas seguido de Japón y Alemania.

De acuerdo al último reporte de Lux Research “Profiting from International Nanotechnology” en 2006 la inversión mundial en investigación y desarrollo de la nanotecnología alcanzó los 12,400 millones de dólares y se vendieron nanoproductos por un monto de 50,000 millones de dólares. Este estudio encontró que Estados Unidos, Japón, Alemania y Corea del Sur permanecen como líderes y China se acerca aceleradamente para incorporarse a este grupo.

De la inversión total mencionada, los gobiernos (liderados por Estados Unidos y Japón) gastaron 6,400 millones de dólares, 10% más que en 2005, mientras que las empresas (con los mismos líderes) invirtieron 5,300 millones, 19% más que el año anterior. El resto, corresponde a capital de riesgo. Del total invertido por las empresas, los Estados Unidos ocupan el primer sitio con 1,930 millones de dólares, seguido por Japón con 1,700 millones[29].

[26] M.C. Roco Journal of Nanoparticle Research, 2005, Vol7(6)
[27] Idem
[28] Idem
[29] Lux Research: "Profiting from International Nanotechnology"

Respecto a publicaciones relacionadas con la nanoescala desde 1995, Estados Unidos está en primer sitio con mas de 43,000 artículos seguido por China con más de 25,000 publicaciones. Las patentes internacionales crecieron 31% en 2006 hasta alcanzar 10,105 patentes en los países analizados. Estados Unidos cuenta con el mayor número al registrar 6,801 patentes seguido por Alemania con 773 registros[30].

Estados Unidos.- En el mercado de la nanotecnología en los Estados Unidos una parte significativa de la investigación y desarrollo es transformada en productos. Los campos más prominentes de la nanotecnología son nanobiotecnología, nanomateriales, superficies, electrónica, tecnologías de información e instrumentación. Actualmente existen en Estados Unidos alrededor de 400 compañías dedicadas a la nanotecnología.

Los nanomateriales son actualmente el segmento más lucrativo y con mayor mercado en el país. Por otra parte, los sectores de nanobiotecnología e instrumentación se encuentran en una fase primaria y se espera ver sus aplicaciones comerciales en los próximos años.

En el año 2000, el gobierno instituyó la Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI) no como un programa gubernamental de investigación per se, sino como un mecanismo para la coordinación de los intereses federales de investigación en nanotecnología.

La NNI tiene cuatro objetivos fundamentales:

- Mantener un programa de investigación y desarrollo de clase mundial orientado a desarrollar el potencial de la nanotecnología.
- Facilitar la transferencia de nuevas tecnologías a productos para el crecimiento económico.
- Desarrollar recursos educativos, mano de obra especializada e infraestructura de soporte para el avance de la nanotecnología.
- Apoyar el desarrollo responsable de la nanotecnología.

Desde la publicación de la NNI, la inversión anual del gobierno en investigación y desarrollo de la nanotecnología se ha duplicado y el número de agencias federales en nanotecnología ha pasado de 6 a 11 y el número total de instituciones que participan creció de 6 a 22. El financiamiento total para la NNI incluyendo lo solicitado para 2006, totaliza más de los 5,000 millones de dólares[31].

El gasto en nanotecnología por parte del gobierno de los Estados Unidos convierte a este país en el líder a nivel mundial seguido en el segundo sitio por Japón. Estados Unidos colocó 862 millones de dólares en 2003 para investigación y desarrollo de la nanotecnología, mientras que para el 2004 el presupuesto llegó a los 989 millones de

[30] Lux Research: Nations Ranking 2007
[31] M.C. Roco; National Nanotechnology Initiative – Past, Present, Future

dólares y para 2007 se estima una colocación total de 1,397 millones de dólares, cantidad 60% superior a la erogada cuatro años antes[32].

Los recursos asignados a la NNI se distribuyen en tres rubros principales: 65% en instituciones académicas de investigación y desarrollo, 25% a laboratorios gubernamentales y el 10% a la industria relacionada con la nanotecnología.

Para el ejercicio fiscal de 2008, la solicitud de presupuesto para la NNI solicitado al gobierno federal asciende a 1,440 millones de dólares, ésto es, un 13% mayor que el otorgado en 2007. La distribución de estos recursos en las diferentes áreas de la nanotecnología será como sigue[33]:

- Fenómenos de la nanoescala y sus procesos.- 34%
- Nanomateriales.- 20%
- Sistemas y aparatos a nanoescala.- 19%
- Instrumentación, metrología y estándares.- 6%
- Nanomanufactura.- 3%
- Infraestructura y equipamiento.- 11%
- Impacto social.- 7%

La inversión del sector privado en iniciativas de nanotecnología ha tenido también un crecimiento muy importante al pasar de 880 millones de dólares en 2002 a 1,200 millones en 2003. De acuerdo con la publicación especializada “Small Times” en 2005 existían en los Estados Unidos 1,455 compañías establecidas relacionadas con la nanotecnología, de las cuales aproximadamente el 50% eran pequeños negocios, los cuales crearon alrededor de 23,000 nuevos empleos[34].

En el año 2000, sólo un pequeño número de empresas habían mostrado interés en la nanotecnología (menos del 1%). De acuerdo a un sondeo realizado por el Centro Nacional de Ciencias de Manufactura (NCMS), al cierre de 2005 el 18% de las empresas encuestadas estaban comercializando nanoproductos, con la expectativa de que en los próximos 5 años, ese porcentaje se elevará a niveles del 80%[35].

Uno de los aspectos principales que Estados Unidos ha atendido para apoyar el dinámico crecimiento de la nanotecnología es la infraestructura física y humana que ha sido creada en los últimos años. Esta infraestructura ha beneficiado a más de 70 universidades y 12 laboratorios gubernamentales con capacidades en nanotecnología quienes en 2005 atendieron a más de 12,000 usuarios de los sectores académico, industrial y gubernamental.

En este sentido, la educación relacionada con la nanotecnología ha impactado a más de 100,000 estudiantes y maestros en el 2005. La educación en esta materia ha sido

[32] M.C. Roco; National Nanotechnology Initiative – Past, Present, Future
[33] The National Nanotechnology Initiative. Research and Development Leading to a Revolution in Technology and Industry. July 2007
[34] Hermann Philipp Buff. The US Nanotechnology Environment – Where is the Business?
[35] Idem 6

incluida sistemáticamente desde la preparatoria y programas informales de educación. Todos los colegios de ciencias e ingeniería han introducido cursos relacionados con la nanoescala en los últimos cinco años. La Fundación Nacional de Ciencias (NSF) ha establecido tres nuevos centros educativos de cobertura nacional: el Centro de Nanoescala que espera reunir a un millón de estudiantes en los próximos cinco años, la Red de Educación Informal en Nanoescala que desarrollará cerca de 100 sitios de museo de ciencia y tecnología en el mismo período y la Red de Nanotecnología en Sociedad establecida en 2005 con cinco módulos en universidades norteamericanas, para difundir las implicaciones sociales a corto y mediano plazo del desarrollo de la nanotecnología.

Las principales instituciones creadas por el gobierno de los Estados Unidos que apoyan el desarrollo de la nanotecnología son:

- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (NSCT).- Creado en 1993, este consejo a nivel gabinete es el principal medio para que la Presidencia coordine las políticas de ciencia, espacio y tecnología a través del gobierno federal. Cuenta con el Subcomité de Ciencia a Nanoescala, Ingeniería y Tecnología (NSET) que coordina los programas federales de investigación y desarrollo en esta área, incluyendo la planeación, presupuesto, implementación, colaboración interinstitucional y revisión de la NNI.
- Fundación Nacional para la Ciencia (NSF).- Opera la Red Nacional de Infraestructura en Nanotecnología, la Red de Nanotecnología Computacional, Centros de Ciencia e Ingeniería de la Nanoescala y el Centro de Aprendizaje y Enseñanza de la Nanotecnología.
- Departamento de Defensa (DoD).- La nanotecnología es uno de los programas de investigación de mayor prioridad dentro del DoD. La inversión en nanotecnología se dirige a tres áreas de importancia crítica: diseño de nanomateriales, nanoelectrónica, magnetismo y optoelectrónica y nanocomponentes.
- Departamento de Energía (DoE).- Conduce programas de investigación científica en ciencia a nanoescala en materiales, química, biología e ingeniería para obtener bases de nuevas tecnologías para el entendimiento y mitigación de los impactos ambientales del uso de energía. Cuenta con cinco Centros de Investigación de la Ciencia a Nanoescala (NSRCs).
- Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio (NASA).- El enfoque principal de la NASA es avanzar y explotar la zona de convergencia entre la nanotecnología, la biotecnología y las tecnologías de información para la exploración espacial. Cuenta con tres institutos universitarios dedicados a la nanotecnología y un centro de investigación.
- Instituto Nacional de la Salud (NIH).- La coordinación del programa de nanotecnología es a través del Consorcio de Bioingeniería NIH. A partir de 2005, apoya la Alianza Nacional de Institutos contra el Cáncer, el Instituto Nacional de Ciencias de la Salud y una nueva actividad del Instituto Nacional de Seguridad

Ocupacional y Salud (NIOSH) para determinar las implicaciones de la nanotecnología en la salud y seguridad de los espacios de trabajo.

Los principales centros de investigación nacionales que desarrollan actividades relacionadas con la nanotecnología son:

- Brookhaven National Laboratory.- Conduce investigación en ciencias de la física, biomedicina y medio ambiente así como tecnologías relacionadas con la energía. También construye y opera espacios disponibles para universidades, industria y científicos de gobierno.
- Los Alamos National Laboratory.- Operado por la Universidad de California, cuenta con el Centro para Nanotecnologías Integradas (CINT) y laboratorios destinados a microscopia electrónica, campos magnéticos y computación cuántica.
- Naval Research Laboratory.- Investigación básica y aplicada en ciencia de superficies, propiedades mecánicas de los materiales, adhesión molecular y sensores químicos y biológicos.
- Oak Ridge National Laboratory.- Modela, diseña y construye dispositivos usados para detectar estructuras a nivel atómico. Cuenta con el Centro de Ciencias para materiales de nanofase.
- Pacific Northwest National Laboratory.- Su enfoque principal está dirigido a nanosistemas biológicos, materiales híbridos, sistemas auto armables, nanoelectrónica y biomateriales.

Adicionalmente, varios de los estados de la Unión Americana tienen iniciativas propias relacionadas con la nanotecnología, entre los que sobresalen Texas y California. A continuación se presentan las principales iniciativas apoyadas por los estados:

- Alabama. - North Alabama Nanotechnology Association.
- California. - North California Nanotechnology Initiative. / The California Nano System Initiative.
- Colorado.- Nanotechnology Alliance.
- Florida. - Enterprise Florida Nanotechnology Initiative.
- Georgia. - Georgia Nanotech Alliance. / Georgia Institute of Technology.
- Illinois.- Northwestern University Nanofabrication and Molecular Center
- Maryland. - Maryland Nanocenter.
- Massachusetts.- Massachussets Nanotechnology Initiative.
- Minnesota.- Minnesota Nanotechnology Initiative.
- New Jersey. - New Jersey Nanotechnology Consortium.
- New York. - Albany Nanotech.
- North Carolina. - North Carolina Nanotechnology.
- Oklahoma. - Oklahoma Nanotechnology Initiative.
- South Carolina.- Nanocenter.
- Texas.- Texas Nanotechnology Initiative.
- Utah.- UTAH Nano Initiative.

- Virginia.- Virginia Nanotechnology Initiative.

Unión Europea.- Europa, con Alemania como líder de la región, domina el segundo mayor mercado regional de aplicaciones de nanotecnología. En 2005, registró el 29% de los ingresos globales del mercado. Este mercado valuado en más de 17,000 millones de dólares en ese año, se estima pasará a mas de 82,000 millones para el 2012, registrando también la segunda tasa de crecimiento más alta con un 23.3% anual para ese período[36].

La Comisión Europea de Ciencia e Investigación adoptó en 2004, una estrategia para el desarrollo de la nanotecnología en la Unión Europea con la intención de reforzar la posición líder de la UE en investigación, desarrollo e innovación de la nanociencia y la nanotecnología tomando en cuenta los aspectos ambientales, de salud, de seguridad y sociales involucrados. Bajo este contexto se destacaron varias necesidades:

- Incrementar la inversión y coordinación de investigación y desarrollo para reforzar la excelencia científica, la interdisciplinariedad y la competitividad de la nanociencia y nanotecnología en conjunto con la exploración industrial.
- Desarrollar una infraestructura competitiva a nivel mundial que tome en cuenta las necesidades tanto de la industria como de las organizaciones de investigación y desarrollo.
- Promover la educación y el entrenamiento interdisciplinario del personal dedicado a la investigación y desarrollo.
- Proveer condiciones favorables para la innovación industrial que garanticen que los resultados de la investigación y desarrollo son convertidos en productos y procesos confiables y seguros.
- Respecto a los principios éticos, integrar consideraciones sociales dentro del proceso de investigación y desarrollo y promover el diálogo con la ciudadanía.
- Considerar los riesgos ambientales y al consumidor relacionados con la salud pública, salud ocupacional y seguridad en productos basados en nanotecnología.

Ese mismo año, la propuesta fue aceptada por el Comité Económico y Social de la UE y sometida a la aprobación del Parlamento Europeo.

Algunos países europeos han reconocido el potencial de la nanotecnología pero no han logrado capitalizar esta oportunidad. No ha sido sino hasta los últimos dos o tres años en que países como el Reino Unido y Francia han logrado establecer programas nacionales coherentes en esta materia. Algunos países pequeños en Europa como Irlanda y Finlandia han enfocado sus esfuerzos en áreas que significan un nicho de oportunidad por medio del cual pueden obtener el máximo beneficio económico[37].

[36] Nanotechnology. A Global Outlook, July 2006
[37] Nanoposts.com; Goverment Policy and Initiatives in Nanotechnology Worlwide 2007

La Comisión Europea apoya desde 1994 un gran número de actividades relacionadas con la nanotecnología a través de sus diferentes Programas Marco implementados[38].

- Cuarto Programa (1994-1998).- Enfocado a proyectos de nanotecnología. Su presupuesto fue de 30 millones de dólares por año.
- Quinto Programa (1998-2002).- Se aplicó en tres áreas temáticas de la nanotecnología: Ciencias de la vida, Tecnologías de información y Crecimiento de la nanotecnología. El presupuesto asignado fue de 50 millones de dólares anuales.
- Sexto Programa (2002-2006).- Dirigido al programa "Nanotecnologías y Nanociencias, conocimiento basado en materiales multifuncionales, nuevos procesos de producción y dispositivos". Contó con un presupuesto de 325 millones de dólares por año.
- Séptimo Programa (2007-2013).- Basado en tres actividades temáticas: Nanociencias y Nanotecnologías, Materiales y Nuevas Tecnologías de Producción. Cuenta con un presupuesto de 875 millones de dólares por año.

Como se puede observar, el presupuesto asignado por la Unión Europea al desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología y a sus aplicaciones, ha tenido un crecimiento espectacular en los últimos 10 años hasta ubicarse actualmente al nivel de países líderes como Estados Unidos y Japón.

En la Unión Europea existe una combinación de programas nacionales, redes de colaboración europeas y grandes corporaciones que apoyan la investigación de la nanotecnología en Europa. Los programas multinacionales europeos incluyen los siguientes[39]:

1. La Iniciativa de Investigación Avanzada en Microelectrónica ESPIRIT y la BRITE/EURAM con proyectos en ciencia de materiales, están parcialmente dedicadas a la nanotecnología.
2. El programa PHANTOMS es una red creada en 1992 con cerca de 40 miembros para estimular la colaboración en nanoelectrónica, nanofabricación, optoelectrónica y electrónica. Su centro coordinador está en el Centro para Microelectrónica IMEC en Leuven, Bélgica.
3. La Fundación Europea de Ciencia ha apoyado la red NANO desde 1995 para síntesis de fase de vapor y procesamiento de materiales de nanopartículas. Esta red incluye 18 centros de investigación.
4. El Consorcio Europeo en Nanomateriales (ECNM) formado en 1996, apoya la investigación fundamental para resolver problemas tecnológicos de nanomateriales y promueve la comunicación entre los investigadores y la industria.

[38] Nanoposts.com; Goverment Policy and Initiatives in Nanotechnology Worlwide 2007
[39] M.C. Roco; Research Programs on Nanotechnology in the World.

5. La Red para la Excelencia en Materiales Orgánicos para Electrónica (NEOME) opera varios programas relacionados con la nanotecnología desde 1992.
6. La Sociedad Europea para la Ingeniería de Precisión y Nanotecnología (EUSPEN) se estableció en 1997 con participación de la industria y universidades de seis países de la Unión Europea.
7. El Centro de Investigación Conjunta de Materiales Nanoestructurados es una red establecida en 1996 con sede en Ispra, Italia.

A continuación se describen los esfuerzos particulares de algunos de los países más representativos que han desarrollado iniciativas y estrategias dirigidas a la investigación y desarrollo de la nanotecnología dentro de la Unión Europea.

Alemania.- La competitividad futura de Alemania en industrias como la automotriz, productos químicos, farmacéutica, medicina, tecnologías de comunicación e información y óptica así como en industrias tradicionales como ingeniería, textiles y construcción, dependerá de manera importante de la realización de innovaciones nanotecnológicas. El potencial de las innovaciones ofrecido por la nanotecnología, contribuirá significativamente a la solución de aspectos clave en el futuro, incluyendo el cómo cumplir con las demandas de energía, cómo conservar los recursos naturales y cómo proveer un servicio médico adecuado y competitivo[40].

Alemania en su programa de acción a 2010, define las áreas principales de aplicación de la nanotecnología como[41]:

1. Promover nuevos usos de la nanotecnología y apoyar un rango mayor de sectores industriales para que utilicen la nanotecnología para crear valor.

2. Mejorar la estructura para innovación por medio de mejorar la coordinación entre los diversos departamentos gubernamentales.

3. Determinar y analizar los conceptos de salud y seguridad en el uso de la nanotecnología.

4. Mantener informado a un mayor número de personas sobre los avances en la investigación y el uso de la nanotecnología.

5. Identificación de los requerimientos futuros de investigación para nuevas aplicaciones de la nanotecnología.

En comparación con otros países, Alemania cumple ventajosamente con los prerrequisitos para explotar el potencial de desarrollo de la nanotecnología. El presupuesto público destinado a investigación y desarrollo de la nanotecnología creció cerca del 60% en los últimos cinco años al pasar de 210 millones de euros en 2001 a

[40] Federal Ministry of Education and Research; Nanoinitiative Action Plan 2010
[41] Nanopsts.com; Goverment Policy and Initiatives Worldwide 2007

330 millones en 2006, la tercer cantidad más grande a nivel mundial, sólo superada por Estados Unidos y Japón. Asimismo, Alemania ocupa el cuarto sitio en lo relativo a publicaciones relacionadas con nanotecnología, siendo sólo superada por los dos países anteriores y China[42].

Alemania cuenta con una infraestructura bien cimentada y un alto nivel de investigación en varios campos de la nanotecnología. La base industrial para la utilización de los resultados de estas investigaciones es de alrededor de 600 compañías las cuales se encuentran involucradas en el desarrollo, aplicación y comercialización de productos nanotecnológicos. De estas empresas, 120 se catalogan como grandes y 480 son pequeñas y medianas empresas. Asimismo existen alrededor de 60 compañías proveedoras de servicios financieros que apoyan aspectos relacionados con la nanotecnología. Actualmente, cerca de 50,000 empleos industriales pueden ser atribuidos a este campo[43]. Durante 2006, Alemania registró 773 patentes relacionadas con la nanotecnología, ocupando así el segundo sitio a nivel mundial sólo superada por los Estados Unidos[44].

Sin embargo, comparado con Estados Unidos y el sureste asiático, Alemania tiene el reto de reducir el tiempo que le toma el llevar los resultados de las investigaciones a productos listos para el consumidor. Esto significa que debe llevar a cabo cambios que conduzcan a intensificar los esfuerzos para utilizar los resultados de las investigaciones y establecer los procedimientos regulatorios y de estandarización que sean necesarios.

En base a lo anterior, el gobierno ha fijado dentro de su “Nano-Iniciativa – Plan de Acción 2010” los siguientes objetivos[45]:

- Acelerar la implementación de los resultados de las investigaciones en nanotecnología en diversas innovaciones tecnológicas.
- Introducir la nanotecnología en más sectores y más empresas.
- Eliminar obstáculos a la innovación por medio de la revisión de políticas.
- Facilitar el diálogo con la población acerca de las oportunidades ofrecidas por la nanotecnología tomando en cuenta los posibles riesgos.

La infraestructura con la que cuenta Alemania para el desarrollo de la nanotecnología es la más importante dentro de la Unión Europea. Los principales centros de investigación en esta materia son:

- Max-Planck-Gesellschaft (MPG).- Consta de 81 institutos independientes enfocados a nueva investigación básica de punta que no puede ser realizada por las universidades dada su naturaleza interdisciplinaria.

[42] Federal Ministry of Education and Research; Nanoinitiative Action Plan 2010
[43] Idem
[44] Lux Research; Nations Ranking 2007
[45] Federal Ministry of Education and Research; Nanoinitiative Action Plan 2010

- Leibniz Association (WGL).- Desarrolla investigación básica y desarrollos tecnológicos en nanotecnología. Sus actividades principales están orientadas a investigación de nanomateriales y a tecnología superficial.
- Fraunhofer-Gesellschaft (FhG).- realiza investigación por contrato en todos los campos de la ingeniería. Aquí se desarrollan proyectos de nanotecnología con aplicaciones concretas en conjunto con la industria. El FhG cuenta con 58 establecimientos de investigación en varias localidades.
- Helmholtz-Gemeinschaft (HGF).- Cuenta con 15 centros de investigación científica y médico-biológica que realizan investigación relacionada con los materiales y la nanoelectrónica.
- Fundación Volkswagen.- Es la fundación privada de financiamiento de la investigación más grande de Alemania. Ofrece apoyo financiero a instituciones académicas de Alemania y otros países.
- Centro para la Ciencia e Investigación Avanzada de Europa (CAESAR).- Es un instituto de investigación sin fines de lucro que realiza investigación de ciencia de materiales, física, química, biología y medicina. Las investigaciones están diseñadas para que tengan aplicaciones comerciales en el corto plazo.
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB).- Es el instituto de ciencias naturales y de ingeniería más grande de Alemania. Es también la máxima autoridad para metrología e ingeniería física en el país.

Programas implementados.- Alemania ha implementado una serie de programas enfocados a incrementar la participación de las pequeñas y medianas empresas en la nanotecnología, los principales son:

- NanoChance.- Provee soporte a las pequeñas y medianas empresas para que adopten el uso de la nanotecnología con el objeto de fortalecer su posición en el mercado. El gobierno destinó un fondo inicial de 20 millones de euros para este propósito.
- Pro Inno II.- El “Programa para la Promoción e Incremento en las Habilidades de Innovación de las Pequeñas y Medianas Empresas” apoya a éstas en la colaboración con otras empresas e institutos de investigación en actividades de investigación y desarrollo. La nanotecnología es uno de los campos principales en este programa, al cual se le ha asignado un presupuesto de alrededor de 15 millones de euros.
- Inno-Watt.- El “Programa de Crecimiento Innovativo de Líderes” apoya las actividades de investigación industrial a través de líderes de pequeñas y medianas empresas y de institutos externos de investigación industrial. El objetivo principal es convertir los resultados de proyectos de investigación y desarrollo en productos de mercado. Desde 2004, se han destinado 1.8 millones de euros para proyectos de nanotecnología.
- Programa IGF/ZUTECH.- Desde 1995 se han promovido proyectos de nanotecnología a través de este programa. El número de proyectos que pueden

ser claramente identificados con la nanotecnología, han crecido continuamente hasta ubicarse en la actualidad en un monto de 3 millones de euros.

- Asesores de BAuA.- El BAuA ofrece asesoramiento en aspectos relacionados con la protección a la salud y la medición de nanopartículas en el aire. Esta información y asesoría es particularmente útil para las pequeñas y medianas empresas dado que normalmente éstas carecen de la infraestructura y el personal especializado necesarios.
- Programa EXIST-SEED.- El programa “Inicio de Negocios a partir de la Ciencia (EXIST)” promueve proyectos que apoyen la innovación permanente de la cultura de negocios en universidades e institutos de investigación en toda Alemania. Este programa apoya el arranque de proyectos tecnológicamente innovadores hasta la maduración del plan de negocio. Desde el año 2000, se han apoyado alrededor de 40 proyectos relacionados con nanotecnología.
- Fondo High-Tech.- Este fondo proporciona capital privado hasta por 500,000 euros a compañías tecnológicas recién fundadas. Este fondo fue establecido por el Ministerio Federal de Economía y Tecnología (BMWI), socios comerciales y el grupo KFW Bank. El fondo cuenta con recursos totales por 262 millones de euros y pretende dar nuevos ímpetus al arranque de nuevas empresas en Alemania.

España.- Posee un número significativo de centros de investigación aplicada con actividades relacionadas con la nanotecnología aliadas a la investigación básica que se desarrolla en varias universidades. A pesar de que la nanotecnología ha sido considerada un área estratégica de apoyo, el apoyo económico del gobierno español ha sido bajo en comparación con otros países europeos.

Entre las iniciativas que se promovieron en España a partir del año 2000 destacan la creación de redes temáticas de amplio espectro, de carácter multidisciplinar (como lo es la Nanotecnología en sí misma), que han permitido la interrelación de comunidades científicas hasta entonces poco conectadas, incentivando la interacción entre grupos españoles para aumentar la masa crítica de expertos que puedan dedicarse a la resolución de problemas de índole compleja. Quizás las redes Nanociencia y NanoSpain constituyen los dos ejemplos más claros de autoorganizaciones de científicos. La red Nanociencia, ya desaparecida tras cuatro años de operación, fue pionera en el ámbito español y tuvo un carácter formativo, de ejercicio de puesta en común de metodologías, reuniendo a casi doscientos investigadores. Por otro lado, NanoSpain se configuró como una red de mayores proporciones (agrupa actualmente a casi 180 grupos de investigación de los sectores público y privado) con la clara intención de promover ante las autoridades, los gestores científicos, y la población en general, la existencia de un nuevo tipo de conocimiento, necesario para lograr generar ciencia competitiva y propiciar una nueva revolución tecnológica y económica. Otra iniciativa es la celebración en España de la serie de conferencias "*Trends in Nanotechnology*" que se han celebrado ininterrumpidamente desde hace seis años. Estas iniciativas, si bien exitosas, necesitan seguir manteniéndose para fortalecer la

posición de los grupos españoles con respecto a la de los grupos extranjeros y lograr su plena integración en el Espacio Europeo de Investigación[46].

A principios de 2003 las iniciativas relacionadas con la Nanotecnología empezaron a multiplicarse y el empuje de todas ellas se consolidó con la entrada en vigor del nuevo Plan Nacional de I+D+I en el que la Nanotecnología había encontrado por fin, su nicho, incorporándose como objetivo de muchos de los Programas Nacionales y adquiriendo un protagonismo singular a través de la Acción Estratégica de Nanotecnología del Ministerio de Educación y Ciencia (MEC). Se anunció la creación de varios laboratorios e institutos dedicados a esta rama del saber. Se puede decir que en estos dos últimos años se ha producido una verdadera explosión de iniciativas en el ámbito de las Nanotecnologías. Un ejemplo de este impulso a escala nacional ha sido la reciente concesión de más de 12 millones de Euros entre casi una treintena de proyectos dentro de la primera convocatoria de ayudas de la antes citada Acción Estratégica del MEC. Otro ejemplo ha sido la puesta en marcha de Programas de Actividades de investigación y desarrollo, algunos de los cuales están relacionados en mayor o menor grado con la Nanociencia y la Nanotecnología, y cuyo financiamiento ha sido aprobado recientemente por la Consejería de Educación. Más de sesenta grupos de investigación están involucrados en el desarrollo de estos Programas y que contarán con un apoyo de cerca de 8.6 millones de Euros en cuatro años[47].

En 2004, hizo su aparición la iniciativa más seria en nanotecnología que ha ocurrido en España: la Acción Estratégica en Nanociencia y Nanotecnología dentro del plan nacional I+D+I 2004-2007 del Ministerio de Educación y Ciencia con un presupuesto aproximado de 12 millones de euros por año. Otra iniciativa complementaria ha sido el Plan Piloto de Nanotecnología financiado y coordinado por la Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECyT). A pesar de la escasa aportación desde el Estado comparado con otros países de la Unión Europea, está claro que existe una dinámica en la dirección de incluir a los diversos sectores que hacen posible la investigación y desarrollo en España en el área de la nanotecnología[48].

Las actividades de investigación científica en el área de la nanotecnología, son coordinadas por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCYT) y operadas por los centros de investigación nacionales, dentro de los cuales se encuentran:

- Instituto Catalán de Nanotecnología.- Dedicado a la síntesis y aplicación de nanopartículas, nanoclusters y nanotubos así como al diseño y síntesis de macromoléculas para la integración de nanomecanismos.
- Centro de Tecnologías en Electroquímica.- Desarrolla investigación básica y aplicada en nanomagnetismo.
- Centro Español de Metrología.- Investigación en nanometrología, interferometría y en patrones de amplificación.

[46] Revista Electrónica Madri+d. Número 35 marzo-abril 2006
[47] Revista Electrónica Madri+d. Número 35 marzo-abril 2006
[48] Phantoms Foundation; Estudio de las actividades y necesidades en el área de nanociencias y nanotecnologías

- Centro Nacional de Biotecnología.- Trabajos de investigación sobre máquinas biomoleculares, agregados macromoleculares, valoración de estructuras y correlación estructura-función.
- Centro de Referencia de Bioingeniería.- Desarrolla ingeniería biomédica a nivel nanométrico.
- INASMET.- Dirigido al estudio de nanocompuestos, recubrimiento con nanopartículas y nanobiotecnología.

Italia.- Fue hasta 2002 cuando Italia comenzó a destinar fondos específicos a la investigación y desarrollo de la nanotecnología. La investigación en este campo era anteriormente financiada en el marco de programas relacionados a la microelectrónica y materiales avanzados. El financiamiento para la investigación y desarrollo proviene de varios ministerios italianos que tienen fondos específicos considerados cada año dentro del presupuesto nacional.

El financiamiento de la nanotecnología en Italia proviene principalmente del Ministerio para Universidades e Investigación (MIUR) y del Consejo Nacional de Investigación (CNR), sin embargo, existe financiamiento adicional en forma limitada por otros ministerios como el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Salud. El Instituto Nacional de Física de la Materia (INFM), dependiente del CNR coordina la red nacional de laboratorios de universidades con sus propios laboratorios[49].

A continuación se describen los principales centros de investigación que realizan actividades de I+D en nanotecnología en Italia:

- Consejo Nacional de Investigación (CNR).- Cuenta con 19 institutos y 7 laboratorios dentro de los que destacan: el Instituto para el Estudio de Materiales Nanoestructurados, el Instituto de Materiales Nanoestructurados, el Instituto de Síntesis Orgánica y Fotoreactividad, el Instituto de Ciencia y Tecnología para Cerámicos y el Instituto de Fotónica y Nanotecnologías.
- Instituto Nacional de Física Nuclear (INFN).- Dedicado al estudio de los constituyentes fundamentales de la materia, conduce investigación teórica y experimental en la física sub nuclear, nuclear y astropartículas. Cuenta con el Instituto de Fotónica y Nanotecnologías, el cual a su vez opera el Centro para Nanoestructuras y Biosistemas en Superficies y las Instalaciones de Micro y Nanofabricación.
- Instituto Nacional de Investigación Metrológica (INRIM).- Este instituto lleva a cabo investigación científica en el campo de la metrología. Sus áreas principales de investigación son en materiales, constantes físicas fundamentales, nanotecnología e innovación.
- Consorcio para la Ciencia y Tecnología de Materiales (INSTM).- Es la liga entre los laboratorios universitarios de todas las universidades italianas y realiza sus actividades de investigación a través de dichos laboratorios. Sus principales

[49] Nanoposts.com; Goverment Policy and Initiatives in Nanotechnology Worldwide 2007

grupos de trabajo son: Materiales poliméricos avanzados, Polímeros funcionales y estructurados y polímeros funcionales y nanoestructurados.

- Elettra.- Tiene instalaciones láser de electrón libre y sincrotrón para litografía de rayos x para micro y nano fabricaciones requeridas por los grupos de investigación italianos y extranjeros.
- Fundación Elba.- Nace en 1994 como seguimiento del proyecto Elba, el cual es una colaboración entre Rusia e Italia en bioelectrónica. Se enfoca a investigación y entrenamiento en electrónica avanzada, biotecnología avanzada y la interfase de estas disciplinas con la nanoescala.

Francia.- Francia ha sido también uno de los países líderes en términos de desarrollo de la nanotecnología. A través de los años, la industria de la nanotecnología en Francia ha sido dirigida principalmente por los objetivos gubernamentales para favorecer la interacción entre la investigación académica y las empresas y para desarrollar las estructuras de inversión.

En 2001, se establece en Francia el Comité Nacional de Coordinación de las Nanociencias para apoyar y coordinar a los investigadores y laboratorios franceses. Para 2005 se lanza el Programa Nacional de Nanociencias y Nanotecnologías y se crea la Red Nacional para Nanociencias y Nanotecnologías. Ese mismo año, se crea la Agencia Nacional Francesa de Investigación (ANR) para apoyar los proyectos de investigación y desarrollo con un presupuesto de 446.4 millones de dólares, de los cuales 90 millones fueron destinados al programa de nanociencias y nanotecnologías. Este programa fue coordinado por la Red Nacional para Nanociencias y Nanotecnologías (R3N) la cual destinó una inversión de 267.8 millones de dólares para el período 2005-2007[50].

En los años recientes, los centros de competencia para investigación de micro y nano tecnologías se han coordinado bajo la estructura de centros de excelencia. Actualmente, el gasto anual para nanociencias y nanotecnologías en Francia es de aproximadamente 180 millones de dólares (150M Euros)[51].

Todo el gasto del gobierno para investigación y desarrollo del sector civil en Francia es canalizado a través de un instrumento llamado Presupuesto Civil para Investigación y Desarrollo Tecnológico (BCRD). Los ministerios de Investigación, de Economía, de Finanzas e Industria y de Defensa son los principales actores públicos para investigación y desarrollo en el campo de las nanociencias y las nanotecnologías en Francia.

Los principales centros de investigación en Francia que desarrollan actividades de nanociencia y nanotecnología son:

[50] RNCOS; The World Nanotechnology Market (2006)
[51] Nanoposts.com; Goverment Policy and Initiatives in Nanotechnology Worldwide 2007

- Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS).- Es la organización de investigación más grande de Francia con más de 12,000 investigadores y un presupuesto total de alrededor de 3,000 millones de dólares. Realiza programas de investigación en materiales nanoestructurados y nanopartículas, nanobiotecnología, métodos de nanofabricación y otros campos de la nanotecnología[52].
- CEA-LETI/MINATEC.- Creado por la Comisión de Energía Atómica (CEA) y el Instituto Tecnológico de Grenoble ha recibido inversiones entre 2002 y 2005 superiores a los 400 millones de euros para crear su nueva infraestructura. Las áreas principales de investigación en nanotecnología dentro de Minatec son: Física, Materiales, Magnetismo, Óptica, Sistemas cuánticos, Instrumentos para la observación nanométrica, Química y Electrónica molecular.
- ONERA.- Es una agencia de investigación aeronáutica fundada por el Ministerio de Defensa para llevar a cabo investigación de materiales. Está dirigida fundamentalmente a aplicaciones aeronáuticas pero tiene también un laboratorio conjunto con la CNRS trabajando en investigación fundamental de microestructuras cristalinas y nanotubos.

Las principales redes de nanotecnología en Francia cubren la interacción de las distintas disciplinas dentro de la nanotecnología:

- Biochip Platform Toulouse.- Biochips miniaturizados
- Club Nanotechnologie.- Metrología, Manufactura, Materiales, Sistemas y Biotecnología.
- FMNT (Federación de Micro y Nanotecnologías).- Agrupa 6 laboratorios de la CNRS con enfoque en microelectrónica y nanoelectrónica.
- Nano2Life.- Enfocada a dispositivos de nanobiotecnología, materiales y servicios necesarios de acuerdo a las necesidades de la industria europea.
- Nanomateriaux.- Bases de datos en línea para la nanotecnología francesa.
- NanOpTec.- Agrupa a seis socios con experiencia en nanoóptica.
- Nanosciences Rhone-Alps.- Enfocada a nanoelectrónica, nanomagnetismo, nanoquímica y nanomecánica.
- RNMP 9.- Por medio de esta red se coordinan proyectos de investigación con materiales nanoestructurados[53].

Reino Unido.- El Reino Unido fue uno de los primeros países en adoptar la nanotecnología. Al igual que otros países industrializados, Inglaterra identificó la nanotecnología como una de las áreas prioritarias para el desarrollo de una economía basada en el conocimiento. En 2003, el Departamento de Ciencia y Tecnología anunció la Iniciativa de Nanotecnología (MNT) con un presupuesto de 171 millones de dólares, a los cuales se sumaron otros 38 millones en 2005. El gobierno inglés tiene

[52] Nanotechnology, a Global Outlook, july 2006
[53] Nanoposts.com, 2007

identificados los siguientes sectores como áreas potenciales de desarrollo de la nanotecnología, que pueden tener un considerable impacto en la economía británica[54]:

- Salud
- Materiales Avanzados
- Manufactura
- Energía
- Comunicaciones

Los órganos de gobierno que regulan la actividad de la investigación y desarrollo de la nanotecnología en el Reino Unido son:

- Departamento de Comercio e Industria (DTI).- Es la principal agencia de financiamiento para nanotecnología. En conjunto con las Agencias de Desarrollo Regional (RDAs), aplican los fondos dedicados al desarrollo de la nanotecnología.
- Red de Transferencia de Conocimiento de la MNT.- Es el principal foro de apoyo a la nanotecnología en el Reino Unido. A partir de marzo 2007 se transforma en la Red de Transferencia del Conocimiento (KTN) en Micro y Nanotecnología.
- Consejo de Investigación en Ingeniería y Ciencias de la Física (EPSRC).- la distribución del financiamiento que realiza el Consejo está alineada con las políticas establecidas para apoyar ciertas áreas de actividad.
- Agencias de Desarrollo Regional (RDAs).- Juegan un rol significativo en la iniciativa de nanotecnología del Reino Unido al ser las responsables de proporcionar la infraestructura de las instalaciones dedicadas a esta materia. Su contribución a la iniciativa es de aproximadamente 220 millones de dólares.

Los centros de investigación más importantes y sus principales áreas de actividad en el Reino Unido son:

- Departamento de Materiales Avanzados y Nanotecnología (Cranfield University).-Procesamiento y caracterización de nanomateriales.
- Instituto de Investigación en Materiales Avanzados (AMRI).- Ingeniería de superficies, corrosión y deterioro de nanomateriales.
- CCLRC Daresbury Laboratory.- Análisis de superficies y estructura de materiales.
- Centro de Sistemas Moleculares Auto-organizados (SOMS).- nano-estructuras auto-ensambladas para aplicaciones en electrónica y medicina.
- Centro Industrial de Ciencias de Partículas e Ingeniería.- Síntesis de nano-partículas, medición y caracterización.

[54] RNCOS, 2007; The World Nanotechnology Market (2006)

- INEX.- Nanomateriales y nanofabricación: semiconductores y biomateriales. Ofrece servicio a usuarios externos.
- Instituto de Materiales Industriales y Manufactura (IIMM).- Centro de investigación de clase mundial en nanomateriales. Ofrece soporte y entrenamiento a la industria.
- IRC en Nanotecnología.- Centro multidisciplinario con especialidad en fabricación, auto-ensamble y propiedades de los materiales.
- Kelvin Nanotechnology Ltd.- Especialidad en la fabricación y caracterización de nanoelectrónica, bioelectrónica y optoelectrónica.
- London Centre for Nanotechnology (LCN). - Centro con propósitos multidisciplinarios con laboratorios en 8 niveles.
- Centro Manchester para Mesociencia y Nanotecnología.- Fabricación y caracterización de nanomateriales y estructuras.

Región Asia – Pacífico.- La nanotecnología en las economías emergentes de Asia ha sido liderada principalmente por las políticas y estrategias gubernamentales. Los gobiernos de los gigantes asiáticos en nanotecnología como Japón, China, Corea del Sur y Taiwán están invirtiendo de manera importante en investigación y otorgando incentivos para la comercialización de nanotecnologías. En el año de 2005, Japón invirtió 1,200 millones de dólares en el desarrollo de la nanotecnología, mientras que Corea del Sur destinó 1,100 millones para el mismo propósito. La inversión total de los países asociados en la Región Asia-Pacífico en ese año fue de 4,607 millones de dólares[55].

La nanoelectrónica y los nanomateriales permanecen como las áreas dominantes en el tema de la investigación y desarrollo de los países asiáticos. La mayor parte de la investigación desarrollada en estos países, se centra en laboratorios privados con miras a su futura comercialización. El financiamiento de los proyectos desarrollados proviene tanto de fondos gubernamentales como de las propias empresas interesadas.

El mercado de la nanotecnología en la región Asia – Pacífico con ingresos estimados cercanos a los 7,280 millones de dólares en 2005, se proyecta crecerá a una tasa compuesta anual de 21% para el período 2004-2012, llegando a los 29,000 millones de dólares para el 2012.

En los países de la región Asia-Pacífico existe un alto compromiso con la educación y el entrenamiento de personal. En China, más de 60 universidades ofrecen cursos de nanotecnología y aquí inició recientemente operaciones el Centro Nacional de Nanociencia y Nanotecnología (NCNST), el cual está orientado a la educación en esta área. En Japón, se estableció el programa japonés de desarrollo de recursos humanos en nanotecnologías, dedicado exclusivamente a educación. En Corea del Sur, un promedio de 5.6% del presupuesto anual del programa nacional de nanotecnología va

[55] RNCOS; The World Nanotechnology Market 2006

a iniciativas de educación en esta área. La educación y el entrenamiento es una prioridad en la red Asian Nano Forum (ANF) creada en 2004 por 13 países de la región para fortalecer la cooperación en nanotecnología[56].

A continuación se describen los esfuerzos particulares de algunos de los países más representativos que han desarrollado iniciativas y estrategias dirigidas a la investigación y desarrollo de la nanotecnología dentro de la Región Asia-Pacífico.

Japón.- Es el país líder en términos de inversión y comercialización de nanotecnologías en la región Asia-Pacífico. Japón, con inversiones en el campo de la nanociencia desde mediados de los '80s, es uno de los países más avanzados en nanotecnología. El gobierno japonés incluyó en su plan básico de ciencia y tecnología 2006-2011 a la nanotecnología y materiales dentro de los cuatro planes estratégicos de ciencia y desarrollo. Japón es el líder mundial en financiamiento per cápita en el campo de la nanotecnología. Dentro de los temas principales incluidos en el tema "Nanotecnología y Materiales" destacan:

- Tecnologías de procesos
- Energía limpia y reducción de costos
- Nanotecnología y materiales para seguridad
- Componentes electrónicos
- Aplicaciones médicas de la nanobiotecnología

El presupuesto dedicado por el gobierno japonés para investigación y desarrollo de nanotecnología en 2003 fue del orden de 900 millones de dólares, mostrando un crecimiento continuo para situarse en 2006 en los 975 millones de dólares[57].

Las agencias gubernamentales y las grandes corporaciones son las fuentes principales de financiamiento para la nanotecnología; las pequeñas y medianas compañías participan sólo a menor escala. Las actividades de investigación son generalmente agrupadas en grandes laboratorios industriales, de gobierno y académicos. Las tres organizaciones principales de gobierno que apoyan la nanotecnología en Japón son: el Ministerio de Comercio Internacional e Industria (MEITI), la Agencia de Ciencia y Tecnología (STA) y Monbusho (el Ministerio de Educación, Ciencia, Deportes y Cultura) quienes son coordinados por el "Nanotechnology and Materials Project Team (NPTP) organismo dependiente del Consejo de Políticas sobre Ciencia y Tecnología (CSTP), quien manejará el presupuesto asignado por el gobierno para ciencia y tecnología en el plan 2006-2010. El financiamiento de la investigación en nanotecnología debe ser analizado en el contexto del incremento tan significativo en el nivel de apoyo desde 1995 como resultado de la aplicación de la Ley de Ciencia y Tecnología de Japón.

Los principales mecanismos con los que cuenta Japón para el desarrollo de la ciencia y la tecnología que financian la nanotecnología son:

[56] RNCOS; The World Nanotechnology Market 2006
[57] Lux Research Inc. Profiting from International Nanotechnology

- Organización para el Desarrollo de Nuevas Energías y Tecnología Industrial (NEDO).- Es una agencia administrativa independiente controlada por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria (METI) cuyo presupuesto en 2005 fue de 2,440 millones de dólares, de los cuales, 130 millones fueron destinados a nanotecnología. Su programa internacional de investigación y desarrollo promueve la cooperación de científicos internacionales con su contraparte japonesa.
- Agencia Japonesa de Ciencia y Tecnología (JST).- Es una agencia administrativa independiente bajo el Ministerio de Educación, Cultura, Deportes, Ciencia y Tecnología (MEXT) cuyo propósito es vincular la academia con la industria. En 2005 ejerció un presupuesto de 950 millones de dólares. A través de este programa, investigadores extranjeros pueden participar en proyectos de investigación internacionales.
- Sociedad Japonesa para la Promoción de la Ciencia (JSPS).- Agencia administrativa independiente adscrita a MEXT con un presupuesto de 1,730 millones de dólares ofrece programas de intercambio internacional de científicos.

Otros ministerios japoneses que participan en menor escala en el desarrollo y aplicación de la nanotecnología son:

- Ministerio de Salud (MHLW).- Seguridad en alimentos y drogas. Aspectos de salud en nanomateriales.
- Ministerio del Ambiente (MOE).- Aspectos ambientales relacionados con los nanomateriales.
- Organización Japonesa de Comercio Exterior (JETRO).- Comercio y colaboración internacional en nanotecnología.
- Ministerio de Agricultura Forestal y Pesca (MAFF).- Desarrollo de tecnologías para el procesamiento a nanoescala de alimentos.

En cuanto a infraestructura para el desarrollo de la nanotecnología, Japón cuenta con un número importante de centros e institutos de investigación dedicados a esta materia, entre los que destacan:

- Instituto Nacional para la Ciencia de Materiales (NIMS).- Establecido en 2001 por el MEXT, su enfoque principal es la investigación en áreas de aplicación donde los nanomateriales desarrollen un papel importante. Cuenta con Laboratorios de Nanomateriales, de Materiales Avanzados, de Caracterización de Nanotecnología avanzada y de Investigación Cuántica.
- Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Industrial Avanzada (AIST).- Se fundó en 2001 bajo el METI y es la organización pública de investigación más grande del Japón. Opera el Comité Nacional de Estandarización en Nanotecnología y cuenta con varios institutos como: el Instituto de Investigación en nanotecnología (NRI), el Instituto de Investigación en Fotónica, el Centro de investigación de Materiales Avanzados de Carbón, el Centro de Investigación de Manufactura

Avanzada en Nanociencia e Ingeniería y el Grupo de Componentes de Silicón a Nanoescala.

- Instituto Multidisciplinario de Investigación en materiales Avanzados (IMRAM).- Desarrolla estudios para la preparación de ensambles de polímeros dirigidos a la creación de nuevos polímeros aplicables a la nanotecnología.
- Instituto Nacional de Tecnologías de Información y Comunicación (NICT).- Fue establecido en 2004 como una agencia administrativa para amalgamar el Laboratorio de Investigación en Comunicaciones (CRL) y la Organización de Avances en Telecomunicaciones (TAO).
- Instituto Investigación en Física y Química (RIKEN).- Es la organización más grande en Japón dedicada a conducir la investigación en los campos de la ciencia física, química, medicina, ingeniería y vida. cuenta con varios institutos localizados en distintas ciudades del Japón.
- Instituto Japonés Avanzado de Ciencia y Tecnología (JAIST).- Fundado en 1990, fue la primera universidad nacional en ciencia y tecnología enfocada exclusivamente en entrenamiento e investigación a nivel profesional. Cuenta con el Centro de Nanomateriales y Tecnología.

Japón ha desarrollado una serie de redes en diversas áreas de la nanotecnología con el propósito de fortalecer la interrelación de los distintos actores en esta especialidad:

- Hokuriku Micro Nano Process Association.- Cluster de manufactura establecido en la región de Hokuriku.
- Japan Society of Applied Physics (JSAP). - Cuenta con 10 divisiones y 14 grupos profesionales. Las divisiones son en el campo de la óptica, radiación, física del estado sólido, películas delgadas, cristales, educación en física, superconductores, electrónica molecular y bioelectrónica.
- Nanotechnology Business Creation Initiative.- Su misión es crear negocios avanzados utilizando nanotecnología y nanomateriales a través de una colaboración entre la industria, la academia y el gobierno.
- Nanotechnology Researcher Network Center of Japan. - Proporciona servicios de instalaciones, información y soporte en transferencia de tecnología en nanociencia y tecnología.
- Society of Polymer Science.- Cuenta con 24 grupos de investigación relacionados con la ciencia de los polímeros.

China.- Es un importante jugador mundial en ciencia y tecnología. Ocupa el tercer sitio en investigación y desarrollo después de los Estados Unidos y Japón y posee el segundo mayor número de investigadores después de los Estados Unidos[58]. En su

[58] OECD, 2005

décimo plan de cinco años (2001-2005), el gobierno chino asignó 300 millones de dólares a proyectos relacionados con la nanotecnología[59].

Con un mercado equivalente a la quinta parte de la población mundial, las oportunidades de inversión y comercio de China son enormes. La población china de zonas urbanas alcanza los 200 millones de personas, mientras que otros 76 millones de chinos se espera migren a las ciudades en los próximos cinco años.

De acuerdo con el Ministerio de Ciencia y Tecnología de China, en ese país existen más de 800 empresas dedicadas a la nanotecnología de las cuales alrededor de 200 están especializadas en producción de energía nanoestructurada. El mercado interno en China de productos y sistemas nanotecnológicos en 2005 fue de 5,400 millones de dólares y se espera se incremente a 31,400 millones para 2010. Los principales sectores de esta producción son nanomateriales, nanoelectrónica, nanobiotecnología y ciencia de nanovida[60].

El gasto dedicado a nanotecnología en China para 2005 se situó en cuarto sitio a nivel mundial sólo superado por Estados Unidos, Japón y Alemania. Sin embargo, ajustando los datos para que reflejen la paridad de acuerdo al poder de compra, la inversión de China en investigación relacionada con la nanotecnología, se posiciona en el segundo lugar mundial alcanzando el equivalente a 1,110 millones de dólares, comparados con los 1,570 millones asignados por Estados Unidos. En otros indicadores, China se ubica en el segundo lugar de publicaciones arbitradas y en tercer lugar en patentes relacionadas con la nanotecnología después de Estados Unidos y Japón.

Las principales agencias de financiamiento para las actividades de investigación y desarrollo de la nanotecnología en China son:

- Fundación Nacional de Ciencia de China (NSFC).- Brinda soporte principalmente a proyectos individuales de investigación básica en universidades. Su importancia como fuente de financiamiento se ha incrementado en los últimos años.
- Ministerio de Educación (MOE).- Financia principalmente ciencia básica en universidades y centros de investigación. Como parte del Proyecto 985, MOST ha financiado la infraestructura de las universidades para llevarlas a los estándares de clase mundial.
- Ministerio de Ciencia y Tecnología (MOST).- Una de sus áreas prioritarias son los nanomateriales y nanotecnología. MOST opera el Programa Nacional de Alta Tecnología 863, con énfasis en investigación aplicada y desarrollo tecnológico y el Comité Directivo Nacional para Nanociencia y Nanotecnología que establece la política nacional es esta materia.

[59] Nanoposts.com; Goverment Policy and Initiatives in Nanotechnology Worldwide 2007
[60] RNCOS; The World Nanotechnology Market 2006

De acuerdo a una encuesta levantada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, en China existen más de 50 universidades, 20 instituciones y más de 100 empresas que se dedican a la investigación y desarrollo de la nanotecnología en las áreas de electrónica molecular, nanobiotecnología y nanomateriales. Los principales centros de investigación son:

- Centro Nacional en Nanotecnología.- Las unidades de los centros localizadas en Beijing y Shanghai fueron terminadas en 2007. Un tercer centro se ubicará en Tianjin en 2008 y otro se ubicará en Suzhou. Cuenta con el Instituto de Nanotecnología y Nanobiónica, el laboratorio para Efectos Biológicos de Nanomateriales, la Academia Nacional de Nanotecnología e Ingeniería, el Centro Nacional de Nanociencia y Tecnología y el Centro Promotor de Nanotecnología de Shanghai. Es importante resaltar que para el financiamiento de la operación de estos centros de investigación, participan de manera muy importante los gobiernos locales y las empresas que utilizan sus servicios.
- Academia China de Ciencias.- Es la mayor organización de coordinación de la investigación de la nanotecnología en China. Cuenta con el Laboratorio Anhui Key de Nanomateriales y Nanotecnología, los institutos de Ingeniería Eléctrica, Maquinas Inteligentes, Mecánica, Tecnología Avanzada y Semiconductores. Tiene también los laboratorios de Nanoestructuras Moleculares, de Física de la Nanoescala y el Laboratorio Nacional de la Ciencia de los Materiales.

China cuenta también con la red “Sociedad China de Micro-Nano Tecnología”, que agrupa a la mayor parte de los investigadores en esta disciplina permitiendo una interrelación efectiva para el crecimiento de la nanociencia y la nanotecnología en el país.

Corea del Sur.- El gobierno de Corea del Sur ha financiado la investigación y desarrollo de la nanotecnología por varios años. En 2001 lanzó una iniciativa nacional denominada “NT Master Plan” el cual está sujeto a revisiones periódicas cada cinco años para medir la efectividad del desarrollo de dicho plan. La estrategia original fue un plan para establecer la infraestructura y los recursos humanos necesarios para 2005, comercializar nanotecnología a partir de esa fecha, convertirse en uno de los líderes mundiales a partir de 2010 y ser una de las siete naciones mas avanzadas tecnológicamente para 2025. En la última revisión del plan (2006-2015), Corea pretende unirse a las tres naciones más competitivas tecnológicamente a nivel mundial para el 2015[61].

El plan de inversión que contempla Corea en su segunda fase que comprende el período 2005-2007 para el desarrollo de la nanotecnología, arroja una inversión total de 426 millones de dólares, de los cuales 278 millones son fondos gubernamentales y el resto de las empresas. De esta cantidad total, el plan contempla que la investigación y desarrollo se llevará el 86%, la infraestructura el 9% y la educación y entrenamiento el restante 5%[62].

[61] Nanoposts.com; Goverment Policy and Initiatives in Nanotechnology Worldwide 2007
[62] AJOU University Korea

La mayor parte del financiamiento para nanotecnología en Corea es asignado al Ministerio de Ciencia y Tecnología (MOST) y al Ministerio de Comercio, Industria y Energía (MOCIE), quienes manejan más del 70% del total que el gobierno invierte en este rubro. Los organismos principales con los que cuenta para el desarrollo de la nanotecnología son:

- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (NSTC).- Coordina los programas de investigación y desarrollo y los presupuestos asignados por el gobierno. Es presidido por el Presidente de Corea y compuesto por los ministerios y sectores de la comunidad relacionados con la ciencia y la tecnología.
- Ministerio de Ciencia y Tecnología (MOST).- Es el responsable de la implementación y coordinación de los esfuerzos nacionales en ciencia y tecnología. Ésto incluye iniciativas de investigación y desarrollo, formación de recursos humanos y educación y la internacionalización de políticas. MOST coordina también la Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI).
- Fundación Coreana de Ciencia e Ingeniería (KOSEF).- Es un viceministerio de MOST que coordina varios aspectos del programa nacional de nanotecnología, incluyendo los Laboratorios Nacionales de Investigación y los Centros de Investigación Científica (SRC).
- Consejo Coreano de Investigación de Ciencia Fundamental y Tecnología (KRCF).- Promueve las actividades de los institutos de investigación apoyados por el gobierno relacionados con los campos de la ciencia fundamental y la tecnología. Existen siete institutos bajo la supervisión de KRCF; el Instituto Corea de Ciencia y Tecnología (KIST), Instituto Corea de Investigación de Biociencia y Biotecnología (KRIBB), Instituto Corea de Ciencia Básica (KBSI),Observatorio Corea de Astronomía (KAO), Instituto Corea de Medicina Oriental (KIOM), Centro nacional de Investigación en Fusión (NFRC) y el Instituto Nacional para Ciencias Matemáticas (NIMS).
- Ministerio de Comercio, Industria y Energía (MOCIE).- Selecciona y opera centros de redes para la promoción en pequeñas y medianas industrias. Los centros más representativos son: el Centro Nacional de Nanocomponentes para Industria y el Centro de Innovación Tecnológica.

Los principales centros e instituciones de investigación con los que cuenta Corea para el desarrollo de la nanotecnología son:

- Centros Nacionales de Nanofab.- Durante la primera fase del Programa Nacional de Nanotecnología se establecieron cinco unidades de soporte para nanotecnología, incluyendo dos centros de nanofabricación y tres nanoclusters. Cuenta con el Centro para Nano Dispositivos Tera-clase, el Centro de Integración de Nanotecnología Gwangju, el Centro de Nano-fabricación Avanzada Korea, el Centro Nacional de Desarrollo de Tecnología de Nanomateriales, el Centro de Innovación de Nano Materiales y Productos Regionales, el Centro de Aplicación Nano-Práctica, el Centro Nacional de Integración de Nanotecnología y el Centro Nacional NanoFab.

- Instituto de Investigación en Electrónica y Telecomunicaciones (ETRI).- Cuenta con la División de Investigación de Tecnologías Futuras, el Laboratorio de Componentes y Convergencia de IT y el Grupo de Dispositivos de Nano Electrón.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Gwangju.- Cuenta con el Instituto de Investigación de Fotónica Avanzada.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Avanzada Korea (KAIST).- Opera el Centro de Nanomateriales Funcionales, el Centro de Nanolocomoción Digital y el "Center for Nanospinics of Spintronic Materials".
- Instituto de Ciencia Básica Korea (KBSI).- Cuenta con la División de Nano-materiales y Ciencia Ambiental y el Laboratorio de Investigación de Nano Defectos.
- Instituto Coreano de Investigación de Biociencia y Biotecnología (KRIBB).- Opera el Centro de Investigación de BioNanotecnología.
- Instituto Korea de Ingeniería y Tecnología Cerámica (KICET).- Cuenta con la División de Aplicación de Nanomateriales.
- Instituto Korea de Investigación de Tecnología Química (KRICT).- Tiene el Centro de Investigación para Nano Catálisis.
- Instituto Korea de Tecnología en Electrónica (KETI).- Opera la División de Investigación y Desarrollo de Tecnologías de Nano Fusión, el Centro de Investigación en Nanomecatrónica, el Centro de Investigación de Dispositivos Cuánticos a Nanoescala y el Centro de Investigación de Información y Almacenaje.
- Instituto Korea de Tecnología Industrial (KITECH).- Cuenta con el Centro Nacional para Nanoprocesos y Equipos y grupos de trabajo en nanomáquinas, nanomateriales y tecnología de nanosuperficies.
- Instituto Coreano de maquinaria y Materiales (KIMM).- Opera el Centro para Mecatrónica a Nanoescala y manufactura y el laboratorio de Materiales Nano Polvos.
- Instituto Korea de Ciencia y Tecnología (KIST).- Cuenta con el Centro para Tecnología de Materiales Nanoestructurados, el Centro de Investigación Eco-Nano, el Centro de Investigación de Microsistemas, el Centro de Investigación de Nano Dispositivos, el Centro de Tecnología de Nano Materiales, el Centro Nacional de NaoFab, el Centro de Materiales Optoelectrónicos, el Centro de Investigación de Polímeros Híbridos y el Centro de Investigación en Materiales de Película Delgada.
- Instituto Korea de Ciencia y Tecnología de Información (KISTI).- Opera el Centro de Bioinformática, el Centro de Fuentes de Información, el Centro de Información de Nanotecnología y el Centro de Supercomputación.

- Instituto de Investigación Korea de Estándares y Ciencias (KRISS).- Coordina el Grupo de Dispositivos Electrónicos, el Centro de Investigación en Nano Bio Fusión y el Centro de Vacío.

Las principales redes que operan en Corea del Sur para la coordinación de las actividades relacionadas con la nanotecnología son:

- Asociación de Investigación en Nano-Biosistemas.- Agrupa a los principales grupos de investigación de la nano-biotecnología.
- Sociedad Korea de Investigación de Nano Tecnología.- Es la red más importante de nanotecnología en Corea.
- Consejo de Usuarios de NanoFab.- Integrada por investigadores locales y extranjeros, busca crear recurso humano a través del acceso a las instalaciones de nanofabricación.
- Asociación de Investigación en Nano Tecnología.- Patrocinada por MOCIE para desarrollar tecnología y facilitar la industrialización por medio de redes.

Singapur.- La nanotecnología es una de las áreas prioritarias de desarrollo de la ciencia y tecnología en Singapur. En un reporte reciente del Ministerio de Comercio e Industria de Singapur (MIT), dentro del Plan 2010 de Ciencia y Tecnología la nanotecnología se consideró como un área clave de desarrollo.

Singapur está principalmente orientado en bionanotecnología, donde cuenta con el centro Biopolis como institución más importante en esta materia. El instrumento principal de financiamiento para nanociencia y tecnología en Singapur es la Agencia de Ciencia, Tecnología e Investigación (A*STAR), la cual cuenta con 5 institutos (de un total de 12) orientados a la biotecnología. Otros campos importantes en Singapur con nano elementos son las tecnologías de información y los materiales[63].

Singapur no cuenta con un ministerio específico para ciencia y tecnología, por lo que el Ministerio de Comercio e Industria es el responsable de esta actividad. Como regla general, el trabajo de coordinación de ciencia y tecnología es manejado en el sector público por A*STAR y en el sector privado por el Consejo de Desarrollo Económico (EDB), ambos organismos apoyados por el MTI. El gobierno de Singapur invierte alrededor de 90 millones de dólares anuales en nanotecnología[64].

Los principales centros nacionales de investigación y sus áreas de estudio de la nanotecnología en Singapur son:

- Biopolis.- Investigación en ciencias biomédicas. Los cinco institutos principales de investigación son: Instituto de Bioinformática, Instituto de Tecnología de Bioprocesos, Instituto de Genoma de Singapur, Instituto de Biología Molecular y el Instituto de Bioingeniería y Nanotecnología.

[63] Nanoposts.com; Goverment Policy and Initiatives in Nanotechnology Worldwide 2007

- Instituto de Almacenamiento de Datos.- Nanoparedes de carbón, Nanosensores, Nano fabricación de medios magnéticos.
- Instituto de Computación de Alto Rendimiento.- Nanoestructuras electrónicas, Nanotubos de carbón y Modelaje de estructuras cuánticas.
- Instituto de Investigación de Materiales e Ingeniería.- Materiales orgánicos e inorgánicos híbridos, Caracterización de nanomateriales y Pequeños materiales para sensores y actuadores.
- Instituto de Microelectrónica.- Transistores a nanoescala, Detectores electro químicos basados en nanopartículas, Cristales fotónicos.
- Instituto de Tecnología de Manufactura de Singapur.- Nano uniones y nano integración, nano impresiones y recubrimientos híbridos.

Australia.- Este país ha creado capacidades de investigación y desarrollo que le permiten adoptar rápidamente nuevas tecnologías. Cuenta con personal altamente capacitado, tiene un costo bajo para desarrollar I+D comparado con otros países y cuenta con una base fuerte de tecnología relacionada con la nanotecnología.

Una gran parte del trabajo en nanotecnología en Australia es llevado a cabo por las instituciones de investigación, por los Centros de Investigación Cooperativos (CRC's) y por la Organización de Investigación Científica e Industrial (CSIRO).

El gobierno australiano estableció recientemente un plan de cuatro años denominado "Estrategia Nacional de Nanotecnología" con un fondo de 17.8 millones de dólares. La investigación australiana en nanotecnología está dirigida fundamentalmente a las áreas de nanobiotecnología y aplicaciones ambientales, nanomateriales y nanoelectrónica. Australia cuenta con una plataforma fuerte y multidisciplinaria de investigación en nanotecnología. Ha identificado cuatro prioridades en el campo de la investigación que norma la inversión de fondos públicos dedicados a esta materia[65]:

- Escenario del desarrollo de la nanotecnología con una estrategia definida de investigación y desarrollo para el corto y mediano plazo.
- Promover la creatividad y la innovación a través de priorizar esquemas de financiamiento.
- Desarrollo de redes proactivas en nanotecnología.

El Consejo Australiano de Investigación apoyó en 2006 más de 200 proyectos relacionados con la nanotecnología. En Australia existen actualmente 70 grupos de investigación trabajando en nanotecnología, de los cuales la mayor parte están desarrollando investigación en nuevos materiales. Otras áreas importantes de investigación incluyen la nano-biotecnología, aplicaciones ambientales y de energía, nanoelectrónica, fotónica y computación cuántica[66].

[65] Nanoposts.com; Government Policy and Initiatives in Nanotechnology Worldwide 2007
[66] RNCOS; The World Nanotechnology Market (2006)

Los principales organismos e instituciones australianas para el apoyo y desarrollo de la nanotecnología son:

- El Consejo de Investigación Australiano (ARC).- Es un organismo de apoyo fundamental para el desarrollo de la nanotecnología. Actualmente apoya más de 360 proyectos relacionados y ha destinado recursos por 315 millones de dólares para más de 700 proyectos desde 1998.
- Departamento de Educación, Ciencia y Entrenamiento (DEST).- Elabora los programas para la adopción de ciencia y tecnología, innovación y competitividad resaltando la colaboración internacional.
- Departamento de Industria, Turismo y Recursos (DITR).- La mayor parte de los recursos económicos dedicados a investigación y desarrollo son canalizados a través de este departamento.
- Invierte Australia.- Es la agencia a través de la cual el gobierno australiano destina los recursos de inversión. Ellos producen los reportes de la capacidad del país en materia de nanotecnología.
- Nanotecnología Victoria (NANOVIC).- Es una asociación de las tres mayores universidades de Victoria, la Monash University, Swinburne University of Technology y RMIT University que cuentan con un fondo de 12 millones del gobierno de Victoria.

Australia posee una serie de redes bien estructuradas enfocadas a la nanotecnología que cubren las áreas de desarrollo más relevantes para el país, entre las que se encuentran:

- Red de Investigación Australiana para Materiales Avanzados
- Red Australiana de Microelectrónica
- Foro Australiano de Nanonegocios
- Red Australiana de Nanotecnología
- Red de Tecnología Australiana
- Centros Cooperativos de Investigación
- Red para la Ciencia y Tecnología Óptica y Cuántica
- OzNano2life
- Cluster de Pequeñas Tecnologías
- Centro Warren
- Red de la Organización de Análisis Nanoestructural (NANO)

Los centros de investigación más importantes de Australia están dirigidos a las áreas de materiales, microscopía, aplicaciones de la nanotecnología, bio sensores y bio interfases.

- Instituto de Ingeniería y Ciencia de Materiales (ANSTO).- Métodos de procesamiento para producir materiales con nanoestructuras.

- Unidad Australiana de Investigación en Microscopía y Microanálisis.- Es una alianza estratégica entre varias universidades que proporciona la infraestructura para el análisis de microscopía de alta resolución.
- Australian Synchrotron.- Realiza un amplio espectro de investigación y desarrollo de alta tecnología incluyendo micro manufactura.
- Organización de Investigación de la Comunidad Científica e Industrial (CSIRO).- Es el principal laboratorio de investigación del gobierno australiano. Tiene más de 6,500 empleados y coordina la mayor parte de las redes de nanotecnología en Australia.
- Organización de Ciencia y Tecnología de la Defensa (DSTO).- Desarrolla investigación en biosensores, sistemas micro electromecánicos (MEMS) y nanotecnología.
- Instituto de Investigación Ian Wark (IRWI).- Investiga biointerfases, nanoestructuras, procesamiento de minerales y ciencia de los polímeros.

América Latina.- En América Latina, el impulso a las nanotecnologías está asociado a reorientar las economías para hacerlas menos dependientes de las exportaciones agropecuarias, la minería y otros sectores ligados a los recursos naturales y basarlas más en lo que hoy en día se conoce como economía del conocimiento. Los países del área con algún grado de avance en la materia, aunque modesto, son Brasil, Argentina y México. A diferencia de México, los dos primeros cuentan con iniciativas o programas dedicados a la investigación, desarrollo e innovación de la nanotecnología.

Brasil.- A partir de la Conferencia Brasileña de Ciencia, Tecnología e Innovación llevada a cabo en 2001, el gobierno brasileño tomó la nanotecnología como una de sus prioridades, de tal forma que poco después de esta conferencia, el Consejo Brasileño de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPQ) creó la Red Brasileña de Nanotecnología y los Institutos Millenium a través del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT). En 2003 se creó el Programa Nacional de Desarrollo de Nanociencia y Nanotecnología y en 2004, la nanotecnología fue considerada uno de los dos soportes dentro de las políticas nacionales industriales, tecnológicas y de comercio exterior. En 2005 se creó un plan de acción de la nanotecnología que utiliza recursos de distintos fondos sectoriales de manera simultánea[67].

En Brasil, la investigación en nanociencia y nanotecnología es llevada a cabo en redes descentralizadas de investigación. La inversión en esta área es reciente y establecer montos precisos es complicado, sin embargo se puede estimar que en los últimos diez años y de acuerdo al MCT, la inversión federal para nanociencia y nanotecnología ha sido del orden de 3.6 millones de dólares y el gasto total relacionado con esta tecnología ha sido de 18 millones de dólares[68].

[67] Swiss Business Hub Brazil; Market Report Nanotechnology in Brazil
[68] Swiss Business Hub Brazil; Brazil Nanotechnology Overview

Las redes agrupan a más de 50 institutos de investigación, seis del extranjero y dos empresas relacionadas. Las redes cuentan con alrededor de 260 investigadores, 500 estudiantes de postgrado y han publicado mas de 1,000 artículos de investigación. Para consolidar estas redes, se asignaron 1.1 millones de dólares el primer año incrementados en el plan multianual 2004-2007 a 5.5 millones de dólares anuales por cuatro años[69].

Aparte de las redes mencionadas, existen otros grupos que desarrollan investigación en nanotecnología, algunos de los más relevantes son:

- EMBRAPA.- La Corporación Brasileña de Investigación Agrícola desarrolla, en conjunto con la Universidad de Pennsylvania proyectos relacionados con polímeros conductivos nanoestructurados.
- Universidad de Brasilia.- Desde 2001, veinte investigadores están involucrados en la creación de nanomagnetos para limpieza de agua.
- Universidad Federal de San Carlos.- A través del Centro de Desarrollo de Materiales Cerámicos trabaja en materiales nanoestructurados para crear pantallas de cristal líquido.
- Universidad de San Pablo.- Trabaja con sistemas nanoestructurados creando nanopartículas biodegradables en forma de nanocápsulas para la industria médica.
- Universidad Católica Pontificia.- Coordina dos laboratorios de nanoscopía y recubrimientos enfocados a la producción y caracterización de películas nanoestructuradas de carbón.
- Centro Brasileño de Investigación en Física.- Este centro de investigación federal cuenta con cuatro áreas de investigación relacionadas con la nanotecnología: Materiales biocompatibles, Películas delgadas, Nanomagnetismo y nanobiotecnología.
- Unicamp (Universidad Estatal de Campinas).- Tiene un grupo de nanoestructuras que realiza investigación de interfases sólido-líquido y sólido-sólido desarrollando conocimiento científico y tecnológico en estos sistemas.

Las actividades brasileñas en nanociencia y nanotecnología coordinadas por las redes, han sido enfocadas principalmente a investigación básica. La estrategia actual es que gracias a la buena infraestructura y al personal calificado en esta área, se requiere atraer inversión privada para aplicar el conocimiento adquirido y ser más competitivos. Hay analistas que insisten en que el apoyo a la investigación básica no debe ser interrumpido, solo complementado con incentivos hacia la investigación tecnológica. Algunos opinan que a través de la atención a la investigación básica, la tendencia será que se incremente la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico.

[69] Idem

Una de las mayores dificultades en el desarrollo tecnológico de Brasil es que las iniciativas de investigación y desarrollo no son siempre desarrolladas de acuerdo con las necesidades tecnológicas de las empresas. Cuando una tecnología es desarrollada, los investigadores tratan de vender esta nueva solución tecnológica y en muchas ocasiones no es compatible con las necesidades de la industria.

En agosto de 2005, el presidente Lula da Silva lanza el Programa Nacional de Nanotecnología con un presupuesto aproximado de 33 millones de dólares. Este programa consolida varias iniciativas anteriores, fundamentalmente el programa del Plan Plurianual 2004-2007 y las orientaciones de la Política Industrial, Tecnológica y de Comercio Exterior. Estos fondos adicionales prácticamente duplican los previstos inicialmente en el Plan Plurianual[70].

Cuadro A.c.i.1.- Presupuesto Asignado al Programa Nacional de Nanotecnología de Brasil[71]

Programa Nacional de Nanotecnología 2004-2007 y Fondos Sectoriales – Nanotecnología		
Ejercicio 2005		
Actividades	**Millones US$***	**Plazo final**
Apoyo a jóvenes investigadores (19 Proyectos)	$1.7	Octubre 2007
Apoyo a la formación de Redes Cooperativas de Investigación Básica y Aplicada. Red BrasilNano (10 Redes)	$6.7	Octubre 2009
Apoyo a Proyectos de Cooperación (9 Proyectos)	$5.9	Julio 2007
Apoyo a la cooperación internacional en proyectos conjuntos de investigación científica, tecnológica y de innovación con Francia (5 Proyectos)	$0.2	Octubre 2007
Apoyo a proyectos destinados a la incubación de empresas con potencial desarrollo de productos y servicios de interés para el mercado en el ámbito de la nanotecnología (11 Proyectos)	$0.6	Octubre/2006 (Convocatoria 1) Junio/2007 (Convocatoria 2)
Apoyo a Laboratorios Nacionales y Estratégicos	$17.8	
Total de Presupuesto Asignado	**$32.9**	

*Tipo de Cambio: 1 real brasileño = 0.559128 USD

Adicional a lo anterior, en el 2005, mediante el Programa "Institutos do Milênio", se asignaron 7.2 millones de dólares a investigación científica relacionada con

[70] Noela Invernizzi; Los Científicos Brasileños Legitiman las Nanotecnologías
[71] Relatório Nanotecnologia Investimentos, Resultados e Demandas.Junho de 2006. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. Coordenação-Geral de Micro e Nanotecnologias. http://www.mct.gov.br/upd_blob/0008/8075.pdf

Nanotecnología. De igual forma, se apoyo con 4.5 millones de dólares a 14 proyectos basados en micro/nanotecnología orientados al fortalecimiento de la industria brasileña.

Argentina.- En 2004 comenzó a gestarse una política favorable para el desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología en este país. Ese año, la Secretaria de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SeCyT), perteneciente al Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología realizó el "Primer Taller Sobre las Nanociencias y las Nanotecnologías en la Argentina", que junto a otras iniciativas, desembocó en la primer convocatoria de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) en la cual se integró a la nanotecnología como un área de análisis. El resultado fue la asignación de 1.1 millones de dólares para financiar cuatro proyectos relacionados con esta disciplina[72].

En 2005, se crea por decreto[73] presidencial la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) dependiente del Ministerio de Economía y Producción. Sin embargo, la creación de esta fundación generó polémica y motivó a la Asociación Física Argentina (AFA) a cuestionar los procedimientos utilizados para la creación de la FAN y el cumplimiento de los mecanismos previstos por los sistemas de acreditación y evaluación de proyectos con los que cuenta el Sistema de Evaluación de Proyectos Científicos y Tecnológicos (SEPCyT), considerando que este proceder no es compatible con la necesaria transparencia y seriedad que deben avalar una iniciativa que por su naturaleza despierta las expectativas del futuro de la sociedad Argentina[74].

La FAN tiene como objetivo sentar las bases necesarias para el fomento y promoción del desarrollo de la infraestructura física y humana del país en el campo de la nanotecnología y la microtecnología. Su responsabilidad principal es fomentar la generación del valor agregado de la producción nacional, para el consumo del mercado interno y para la inserción de la industria local en los mercados internacionales.

El plan de trabajo de la FAN considera que "El fortalecimiento de las condiciones productivas a través de las nanotecnologías exige una especial atención dentro del enfoque de las políticas públicas en la mayor parte de los países del mundo".

La FAN es también una herramienta para fomentar la colaboración entre organismos públicos, empresas y organizaciones del área de ciencias, tecnología e innovación que cooperan para incorporar el potencial innovador de las micro y nano tecnologías al crecimiento del país. De la misma forma desarrolla acciones para apoyar la participación de investigadores, instituciones y empresas en redes internacionales, crear un inventario de recursos nacionales en el campo de las micro y nanotecnologías, realizar consultas públicas a la comunidad científico-tecnológica sobre las necesidades, oportunidades y estrategias de apoyo y prestar información de relevancia a potenciales

[72] Convocatoria del Programa de Áreas de Vacancia (PAV) 2004. Proyectos Tipo II (Redes). http://www.agencia.secyt.gov.ar/spip.php?mostrar=419&page=convocatorias_articulo

[73] Revista Argentina del Régimen de la Administración Pública. Decreto N° 380/2005 - Aplicación y Desarrollo de Micro y Nanotecnologías. http://rapdigital.com/xnovedades_y_noticias.php?id=4669&pid=4

[74] El impulso gubernamental a las nanociencias y nanotecnologías en Argentina. Leandro Andrini1 y Santiago J. A. Figueroa2. http://estudiosdeldesarrollo.net/relans/documentos/Argentina.pdf

usuarios y al público en general sobre la nanotecnología, su importancia y las oportunidades que ofrece para mejorar la producción, la competitividad de la industria y la calidad de vida de la población.

En este sentido, mediante la resolución Nº 321 del Ministro de Economía y Producción, de fecha 08 de junio de 2005, se incluyó en el presupuesto del Servicio Administrativo una asignación de $1.8 millones de dólares para la FAN, a través de la partida de transferencias a empresas públicas no financieras para financiar gastos corrientes. Es necesario puntualizar que el objetivo de la FAN y del presupuesto asignado, no es el de investigación básica sino el de diseño y fabricación, es decir, trabajar con proyectos industriales de Alta Tecnología.[75]

Adicional a lo anterior, en Argentina destacan las capacidades públicas y privadas en diferentes áreas y organismos con capacidades en micro y nanotecnologías. Entre ellas se encuentran:

- La Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y su Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN-CNEA),
- El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),
- La Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires y la Universidad de La Plata, orientadas a la creación de una red de investigadores y un Centro de Desarrollo de la Nanociencia y Nanotecnología, con apoyo del CONICET.

La Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SeCyT), a través de sus Bases del Plan de Acción de Mediano Plazo en Ciencia, Tecnología e Innovación (2005-2015), considera aspectos de las nanociencias y las nanotecnologías como parte de sus áreas estratégicas.

Uno de los avances importantes que ha logrado Argentina en el campo de la nanotecnología es la creación, en conjunto con Brasil, del Centro Argentino Brasileño de Nanociencia y Nanotecnología, el cual inició operaciones en 2006. La estructura del Centro está formada por un Comité Gestor de Alto Nivel, por los Coordinadores Nacionales, un Comité Asesor Binacional y una Secretaría Ejecutiva en cada país.

En Argentina, actualmente operan cuatro redes relacionadas con la nanociencia y la nanotecnología y en las cuales se involucran alrededor de doscientos investigadores de todo el país:

- Laboratorio en red para el diseño, simulación y fabricación de nano y micro dispositivos.
- Red Argentina de Nanociencia y Nanotecnología: Materiales nano-estructurados y nano-sistemas.

[75] Informe Nº 65.Informe Mensual del Jefe de Gabinete de Ministros al Honorable Congreso de La Nación. http://www.jgm.gov.ar/

- Red Argentina de Nanociencia y Nanotecnología Molecular, Supramolecular e Interfases.
- Autoorganización de bionanoestructuras para transmisión de información molecular en neurobiología y procesos biológicos.

Cuadro A.c.i.2.- Presupuesto inicial para la formación de Redes en Argentina[76]

Proyecto/Red	Subsidio Inicial 2004 Miles de US$
Laboratorio en red para el diseño, simulación y fabricación de nano y micro dispositivos, prototipos y muestras	$284
Autoorganización de bionanoestructuras para transmisión de información molecular en neurobiología y procesos biológicos	$282
Red Argentina de Nanociencia y Nanotecnología: Materiales nano-estructurados y nano-sistemas (MaN)	$284
Red Argentina de Nanociencia y Nanotecnología molecular, supramolecular e interfases	$272

Chile.- En Chile, paralelamente a los acuerdos del gobierno con el Banco Mundial, se firma un acuerdo en 2002 con la Unión Europea cuyo objetivo es fomentar, desarrollar y facilitar actividades de investigación y desarrollo entre la Comunidad Europea y Chile. En este acuerdo la nanotecnología aparece como uno de los focos de interés. A nivel del MERCOSUR en 2006, se firma una declaración para promover un Espacio Regional de Investigación en Ciencia, Tecnología e Innovación.

La Iniciativa Científica Milenio (ICM) impulsada por el Banco Mundial eligió a Chile como prototipo para fomentar las capacidades científicas en América Latina. Los objetivos de la ICM van dirigidos a fomentar las capacidades de investigación científica aprovechando y estimulando los mejores talentos del país como factor clave del desarrollo socio-económico sustentable. Desde su aparición en 1999 hasta 2006, la ICM ha apoyado la creación de 20 grupos de investigación y desarrollo, en los cuales se desarrollaron dos proyectos relacionados con la nanotecnología, los cuales se encuentran en dos de las más reconocidas universidades chilenas (Universidad Técnica Federico Santa María y Universidad Andrés Bello).

Las ICM sólo apoyaron marginalmente a la nanotecnología, orientándose más hacia la biología y la biotecnología, áreas que en Chile tienen mayor tradición. Sin embargo ese

[76] Convocatoria del Programa de Áreas de Vacancia (PAV) 2004. Proyectos Tipo II (Redes). http://www.agencia.secyt.gov.ar/spip.php?mostrar=419&page=convocatorias_articulo

tímido apoyo con dos proyectos de nanotecnología constituyó un aporte importante, dado el escaso desarrollo de las nanotecnologías en Chile.

Como parte del Programa Bicentenario en Ciencia y Tecnología 2004-2006, se financiaron los "Anillos de Investigación en Ciencia y Tecnología" que son redes de investigación entre universidades y centros de investigación. En 2006 se aprobaron cuatro anillos relacionados con la nanotecnología en tres universidades chilenas.

En 2006 se identifican 6 instituciones que realizan estudios de nanotecnología en Chile, con un total de 15 investigadores dedicados a los siguientes temas de investigación:

- Universidad Técnica Federico Santa María.- Física de materiales condensada.
- Centro para la Investigación Interdisciplinaria Avanzada en Ciencia de los Materiales (U. de Chile).- Materiales cuánticos, Caracterización de superficies, Películas delgadas, Producción de nanopartículas de cobre.
- Pontificia Universidad Católica de Chile.- Conductividad eléctrica en películas delgadas de cobre.
- Universidad de Santiago de Chile.- Evolución nanocristalina microestructural, Fenómenos y procesos de transporte de fluidos de micro y nanoescalas, nanofluidos y transferencia de calor a escala nanométrica.
- Universidad de Concepción.- Polímeros y compuestos avanzados, producción de nanopartículas de cobre por electrodeposición.

ii. Políticas públicas implementadas en los países que han tenido éxito en desarrollar al sector de nanotecnología y en los países emergentes

En general, existen puntos coincidentes en las políticas públicas adoptadas por los países líderes, para el desarrollo de la nanotecnología:

- Instituir un programa o iniciativa nacional con un ente responsable de su ejecución
- Incrementar la inversión pública y privada para la I+D+I
- Desarrollar una infraestructura competitiva a nivel mundial
- Trabajar en redes promoviendo espacios colaborativos
- Promover la educación interdisciplinaria y el entrenamiento
- Desarrollar esquemas de apoyo a la innovación industrial
- Respetar principios éticos e integrar consideraciones sociales
- Analizar aspectos de salud pública y en el trabajo
- Consulta pública sobre las repercusiones de la nanotecnología

Estados Unidos.- Dentro de la agenda 2007 los Estados Unidos contemplaron presentar ante el Congreso una serie de acciones encaminadas a fortalecer el crecimiento y consolidación de la investigación y desarrollo de la nanotecnología, entre las que destacan:

- La Reforma al Control de Exportaciones.- Revisar los controles de exportación para reflejar la situación actual de la tecnología y el cambiante ambiente de la economía global.
- Crédito Permanente de Impuestos a la Investigación y Desarrollo.- Mejorar y extender permanentemente el crédito federal de impuestos a las empresas que realizan investigación y desarrollo.
- Reforma a la Inmigración y Visas.- Revisión a las políticas de inmigración de Estados Unidos para mejorar el proceso de otorgamiento de visas H-1B y tarjetas verdes. El sistema actual necesita cambios que faciliten la estancia de extranjeros con estudios superiores en las universidades y centros de investigación.
- Reforma a la Propiedad Intelectual.- El fortalecimiento a la protección de la propiedad intelectual es crítica para lograr el avance tecnológico que permita sobrevivir a los Estados Unidos en la competencia global de productos y servicios basados en nuevas tecnologías.
- Competitividad e Innovación.- Apoyo decidido a la Iniciativa Americana de Competitividad (ACI) 2006 y a otras propuestas del Congreso orientadas a fomentar la inversión en ciencia básica, incrementar el talento en ciencia y tecnología y desarrollo de infraestructura de innovación.
- Apoyo Económico a la Investigación y Desarrollo Federal.- Apoyar el financiamiento a universidades norteamericanas para programas de ingeniería y ciencias que son vitales para mantener el liderazgo competitivo del país.
- Nanotecnología.- Dado que cada día más países reconocen la importancia del financiar la investigación y desarrollo de la nanotecnología, el gobierno de los Estados Unidos debe incrementar su apoyo para permanecer en el liderazgo en esta materia. Hacer un especial énfasis en investigar los aspectos de impacto ambiental, salud pública y seguridad en el uso y aplicación de productos nanoestructurados.
- Expansión de Tratados Internacionales.- Apoyar esfuerzos para mantener a la expansión de tratados internacionales como una prioridad económica. Esto incluye la negociación y la aprobación del Congreso de acuerdos bilaterales y regionales dentro de la Organización Mundial de Comercio (WTO).

Unión Europea.- En 2004, la Comisión Europea para Ciencia e Investigación adoptó una serie de políticas dirigidas a reforzar la posición líder de la Unión Europea en investigación, desarrollo e innovación de la nanociencia y la nanotecnología en donde las inquietudes sociales relacionadas con el medio ambiente, la salud y la seguridad fueran tratadas con seriedad. En este contexto se sugirieron las siguientes políticas[77]:

- Incrementar la inversión y coordinación de la investigación y desarrollo para reforzar la excelencia científica, la interdisciplinariedad y la competencia en nanociencia y nanotecnología junto con su explotación industrial.

[77] European Commission Research DG; Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009

- Desarrollar una infraestructura de investigación y desarrollo competitiva de clase mundial que tome en cuenta tanto las necesidades de la industria como de las instituciones de investigación y desarrollo.
- Promover la educación interdisciplinaria y el entrenamiento en el personal de investigación y desarrollo con mentalidad empresarial.
- Proveer condiciones favorables para la innovación industrial para asegurar que los resultados de la investigación y desarrollo son transformados en productos y procesos confiables y seguros para la salud.
- Respetar los principios éticos e integrar consideraciones sociales en los procesos de investigación y desarrollo desde sus inicios y privilegiar el diálogo con los ciudadanos.
- Puntualizar aspectos de salud pública, salud y seguridad ocupacional y riesgos ambientales y del consumidor en los productos basados en nanociencia y nanotecnología desde su concepción.
- Complementar las acciones arriba mencionadas con la colaboración apropiada de los estados participantes y con iniciativas a nivel internacional.

Alemania.- La estrategia de Alemania está basada en la conformación de redes nacionales de competencia con énfasis en la creación de centros regionales de excelencia. Este año, el gobierno alemán puso en marcha su programa denominado “Nano-Iniciativa y Plan de Acción 2010” con tres estrategias principales: mejorar la comercialización de la nanotecnología, promover la formación de jóvenes científicos y mantener un diálogo público sobre las oportunidades y riesgos de la nanotecnología. Esta iniciativa establece políticas para:

- Acelerar la implementación de los resultados de la investigación en nanotecnología para lograr diversas innovaciones tecnológicas.
- Introducir la nanotecnología a más sectores económicos y empresas.
- Eliminar obstáculos a la innovación por medio de consultas oportunas de todas políticas por establecer.
- Facilitar un diálogo intensivo con el público acerca de las oportunidades ofrecidas por la nanotecnología tomando en cuenta los posibles riesgos implícitos.
- Determinar aspectos de salud y seguridad en el uso de la nanotecnología.

El diálogo sectorial es uno de los elementos clave de esta iniciativa. Se contempla reunir a todos los actores de un sector industrial específico incluyendo la cadena completa de valor para discutir las necesidades de investigación, las posibles aplicaciones y el desarrollo y diseño de nuevas cadenas de valor.

Japón.- El gobierno japonés invierte de manera decidida en nanotecnología, viendo esta área como clave en su desarrollo económico, razón por la cual es prioritaria en su

plan nacional de ciencia y tecnología bajo el nombre de “Nanotecnología y Materiales”. Los objetivos principales a impulsar por Japón en esta materia y de acuerdo al Plan Básico 2006-2011 son:

- Encontrar soluciones adecuadas a la problemática social e industrial relacionada con la nanotecnología.
- Mantener la competitividad de Japón mediante aplicaciones industriales masivas de la nanotecnología.
- Preparar las bases y fundamentos que permitan acelerar la innovación a partir de los resultados de la investigación y desarrollo.
- Promover la interacción interdisciplinaria con organismos de investigación y desarrollo internacionales.

La interacción entre las universidades y la industria es estimulada a través de los proyectos presentados por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria (MITI) que promueven la contratación de personal de investigación proveniente de las empresas.

China.- A través de una consulta con el Comité de Desarrollo Nacional y Programación, con el Ministerio de Educación, con la Academia China de Ciencias y con el Comité de la Fundación Nacional de Ciencias Naturales, en 2001 el Ministerio de Ciencia y Tecnología emitió las políticas nacionales para la estrategia de desarrollo de la nanotecnología en China para el período 2001-2010. De acuerdo con las políticas establecidas, el gobierno chino se compromete a mejorar continuamente la capacidad innovativa, desarrollar tecnología avanzada y lograr aplicaciones industriales congruentes con el plan de desarrollo nacional a largo plazo.

En investigación básica y tecnología avanzada, se enfatiza la exploración e innovación. En aplicaciones se enfatiza el desarrollo de nanomateriales a corto plazo, el desarrollo de bio-nanotecnologías y biomedicina para el mediano plazo y el desarrollo de nanoelectrónica y nanochips para el largo plazo.

Las principales políticas establecidas dentro del plan de desarrollo de la nanotecnología en China incluyen[78]:

- Incrementar el liderazgo y coordinación de la investigación y desarrollo en nanotecnología.
- Implementación de las iniciativas nacionales de nanotecnología.
- Alentar a todos los participantes y crear nanotecnología benéfica para el medio ambiente.
- Apoyar a los especialistas científicos y tecnológicos en nanotecnología.

Derivado de estas políticas, las tareas principales para el desarrollo de la nanotecnología en China son:

- Alinear la investigación y desarrollo a los requerimientos del mercado.

[78] John Wiley & Sons; Nanotechnology Global Strategies, Industry Trends and Applications 2005

- Acelerar la investigación y desarrollo multidisciplinario.
- Poner atención especial en los derechos de propiedad intelectual.
- Alinear las políticas de innovación con el desarrollo de la nanotecnología.

Con el propósito de incrementar el liderazgo y la coordinación de la investigación y desarrollo en nanotecnología, el gobierno central estableció el Comité de Guía y Coordinación de la Nanotecnología Nacional quien supervisa el desarrollo de la nanotecnología y guía y coordina las tareas en esta materia. De igual manera, el gobierno se compromete a promover el desarrollo de la nanotecnología con el establecimiento de nuevos centros de investigación y desarrollo que desarrollen tecnologías avanzadas de innovación y que apoyen el desempeño de personal altamente capacitado tanto en el aspecto científico como tecnológico.

América Latina.- Derivado del escaso desarrollo de la nanotecnología en América Latina, son pocos los países que han instrumentado políticas gubernamentales relacionadas con este tema. Brasil es quien ha tomado la delantera en la Región al contar con un programa estructurado para la investigación, el desarrollo y la innovación de la nanotecnología.

Brasil.- A continuación se exponen los hechos fundamentales que marcaron la política reciente para el desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología en Brasil, destacando las características que definen tal política. El llamado CNPq Nano n 1/2001 fue la primera acción del gobierno brasileño referente al desarrollo de las nanociencias y nanotecnologías. Su objetivo era “Fomentar la constitución y consolidación de redes cooperativas integradas de investigación básica y aplicada en nanociencias y nanotecnologías, organizadas como centros virtuales de carácter multidisciplinario y de porte nacional”. Por medio de estas redes, el Estado Brasileño pretendía[79]:

- Iniciar un proceso de creación y consolidación de competencias nacionales.
- Identificar grupos o instituciones de investigación que desarrollaran o pudiesen desarrollar proyectos relacionados con la nanociencia y la nanotecnología.
- Estimular la articulación de esos grupos e instituciones con empresas parcialmente interesadas o ya actuando en el sector.

En 2005 la acción gubernamental de fomento a redes de investigación de nanociencia y nanotecnología continuó a través del Llamado MCT/CNPq n 29/2005, mediante el cual se propició la creación de 10 redes dedicadas a diferentes áreas de la nanotecnología, las cuales están orientadas a[80]:

- Estimular el desarrollo científico y tecnológico.
- Aumentar la competitividad internacional de la ciencia, tecnología e innovación brasileña.

[79] Paulo R. Martins, Richard Domínguez; Actividades Relacionadas con la Nanotecnología en Brasil
[80] Paulo R. Martins, Richard Domínguez; Actividades Relacionadas con la Nanotecnología en Brasil

- Lograr un desarrollo regional equilibrado
- Integrar la investigación realizada en el sector público y en el sector privado y empresas.
- Creación de empleos calificados.
- Incrementar el nivel tecnológico de las empresas brasileñas.
- Incrementar el desarrollo económico brasileño.

Cabe hacer mención que el enfoque que el gobierno brasileño daba al desarrollo de la nanotecnología, había venido excluyendo aspectos sociales y riesgos ambientales relacionados con ésta. No fue sino hasta 2007 cuando se creó la Red de Investigación en Nanotecnología, Sociedad y Medio Ambiente (RENANOSOMA) con el propósito de analizar y resaltar la importancia de estos aspectos.

iii. Empresas líderes y áreas en las que operan

Se calcula que actualmente existen 2,500 compañías involucradas en la nanotecnología a nivel mundial.

De acuerdo a la Nacional Science Foundation (NSF), para el 2015 el mercado global de los productos que involucran Nanotecnología será de $1.1 trillones de dólares. Es importante considerar este dato con reservas, pues hay quienes opinan que es difícil hacer un pronóstico acertado, pues muchas aplicaciones son todavía desconocidas.

Aún así, son este tipo de datos los que motivan a una gran mayoría de las empresas a hacer investigación en el área, invirtiendo recursos propios o ajenos.

La siguiente es una lista de 89 empresas relacionadas con la nanotecnología, consideradas por la Unión Europea como las más importantes a nivel global:

Cuadro A.c.iii.1.- Empresas relacionadas con la nanotecnología más importantes a nivel global

Nombre de la empresa	Producto o servicio especializado	País de Origen
Advance Nanotech	Especializada en la adquisición y comercialización de nanotecnologías	EUA
Accelrys Inc	Tecnologías - software	EUA
Albany Molecular Research Inc	I+D en medicinas	EUA
Altair Nanotechnologies	Nanocristalinos y nanopartículas	EUA
AmberWave	"Strained silicon" que permite que los microchips funcionan de forma más rápida y consumen menos energía	EUA

Nombre de la empresa	Producto o servicio especializado	País de Origen
American Pharmaceutical Partners	Productos farmaceúticos inyectables	EUA
American Superconductor Corp.	Superconductores	EUA
Angstrom Medica, Inc.	Biomateriales e instrumentos médicos	EUA
ANU	Nanotubos de carbón y nítrido Boron	AUSTRALIA
Apex Nanomaterials	Nanotubos de carbón monocapas	EUA
Applied Films	Capas ultrafinas	EUA
Arryx	Láser, sistemas holográficos	EUA
Aspen Aerogel Inc.	Aerogels como barreras térmicas, inflamables y acústicas	EUA
Atomate	Reactores CVD para síntesis de nanotubos y nanocables.	EUA
BuckyUSA	Fulerenos y nanotubos	EUA
Cabot Corporation	Químicos, supermetales y fluidos especializados	EUA
Caliper Life Sciences	Herramientas para descubrir medicinas y mejorar procesos de diagnóstico	EUA
CALMEC	Patentes, tecnología, I+D	EUA
Cambridge Display Technology	Desarrolla tecnologías basadas en diodos de polímeros emisores de luz	REINO UNIDO
CarboLex	Nanotubos de carbón monocapas	EUA
Carbon Nanotechnologies, Inc. (CNI)	Nanotubos de carbón monocapas (PLV and HiPCO), buckytubos, polímeros.	EUA
Carbon Solutions	Nanotubos de carbón	EUA
CombiMatrix	Genómica, Proteómica	EUA
Cyrano Sciences	Redes de sensores	EUA
DayStar Technologies	Energía renovable	EUA
DEAL International Inc.	Nanotubos de carbón	EUA
Degussa Advanced Nanomaterials	Producción y comercialización de óxidos dispersos en nanoescala	ALEMANIA
eSpin	Fibras poliméricas	EUA
FEI Company	Tecnologías para crear muestras en 3 dimensiones a nano escala	EUA
First Nano	Nanotubos de carbón, herramientas y aparatos.	EUA
Genus	Atomic Layer Deposition (Depositar capas atómicas)	EUA

Nombre de la empresa	Producto o servicio especializado	País de Origen
General Nanotechnology, Inc.	Desarrollo de hardware y software para capacidades avanzadas en nanomanipulación, nanofabricación, nanoespectrofotometría.	EUA
Guangzhou	Nanotubos mono- y multicapas	EUA
Hyperion	Nanotubos multicapas	EUA
Immunicon Corp	Plataforma para diagnosticar cáncer. Nanopartículas ferrofluids	EUA
Invest Technologies	Nano-polvos de metal	EUA
Insert Therapeutics	Sistemas de distribución intracelular de pequeñas medicinas moleculares y genes	EUA
Materials and Electrochemical Research (MER)	Nanotubos de carbón mono- y multicapas.	EUA
Nanocarblab (NCL)	Nanotubos monocapa	RUSIA
Nanomagnetics Limited	Nanopartículas magnéticas como tratamiento de agua residencial.	REINO UNIDO
Nanospectra Biosciences, Inc.	Tratamiento del cáncer	EUA
Kopin HBT Corporation	Produce pantallas ultra pequeñas de cristal líquido LCD	EUA
Kaweenaw Nanoscience Center	I+D, consultoría	EUA
Lucent Technologies	Nanotecnología y telecomunicaciones.	EUA
Lumera Corp.	Materiales y productos polímeros	EUA
Luxtera	Productos fotónicos.	EUA
Molecular Manufacturing Enterprises	Servicios de asesoría	EUA
Magma Design Automation	Circuitos integrados complejos	EUA
Molecular Robotics	Nanotubos, MEMS, AFM, computadoras cuánticas.	EUA
Mitre	Investigación para el sector público	EUA
Moore Nanotechology Systems	Sistemas maquinados de ultra-precisión	EUA
Nanocs	Materiales de carbón para la nanotecnología	EUA
Nanocor	Nano minerales para resinas de plástico	EUA
Nanocyl	Nanotubos de carbón CVD	BELGICA
Nanogen	Microchip para análisis biológico	EUA
NanoLab	Nanotubos CVD	EUA

Nombre de la empresa	Producto o servicio especializado	País de Origen
Nanoledge	Nanotubos de carbón monocapa	FRANCIA
Nanometrics	Láminas ultrafinas	EUA
Nanomat	Materiales nanocristalinos y nanoestructuras	ALEMANIA
Nanomaterials Research Corporation	Polvos y materiales derivados	EUA
Nanomix	Sensores. Ver ficha de Nanomix	EUA
Nanovation	Componentes fotónicos	FRANCIA
NanoPierce	Conexiones eléctricas de nanopartículas	EUA
NanoPowders Industries	Polvos de metales preciosos y base	EUA
NanoPhase Technologies Corporation	Polvos y productos polímeros	EUA
Nanospectra Biosciences Inc	Nanopartículas para aplicaciones médicas. Nanoshells.	EUA
Nanosys	Sistemas de nanotecnología y nanoelectrónica.	EUA
Nanotec	Polímeros para tejidos inteligentes	EUA
NanoWave	I+D	EUA
Nantero	Nanotubos de carbón	EUA
Neah Power Systems	Silicona porosa	EUA
Novavax	Productos farmaceúticos, vacunas	EUA
NEC	Telecomunicaciones, Internet, I+D	ESPAÑA
NVE Corporation	Spintronics que utiliza el movimiento de un electrón para detectar, almacenar o transmitir información digital	EUA
Orthovita	Biomateriales, nanopartículas.	EUA
Physical Sciences Inc.	Membrana de nanotubos de carbón	EUA
Quantum Dot (Qdot)	Qdot nanocristales, conjugates	EUA
Rockwell Scientifics	Nanomateriales, fabricación, y nanopartículas magnéticas	EUA
Rosseter Holdings Ltd	Carbón mono y multicapas	CHIPRE
SEOCAL	Reactores CVD para nanotubos	JAPON
SES Research	Fullerenes y Nanotubos	EUA
SIMAGIS	Software para análisis automatizada de imágenes de nanotubos	EUA
Sun Nanotech	Nanotubos de carbón multicapas	CHINA

Nombre de la empresa	Producto o servicio especializado	País de Origen
Technanogy	Capital riesgo y propiedad intelectual	EUA
Thomas Swan & Co	Nanotubos de carbón monocapa Elicarb (proceso CVD)	REINO UNIDO
Timesnano/Chinese Academy of Sciences	Nanotubos de carbón y productos relacionados	CHINA
Ultratech	Herramientas para nanotecnología	EUA
Veeco	Instrumentos para medir a nano escala	EUA
Zyvex	Manipulador Zybot, Sistema de montaje Rotapod y MNT.	EUA

Para conocer las áreas en las que operan dichas empresas, a la fecha se han obtenido los siguientes perfiles:

Advance Nanotech Inc.

Dirección: EE.UU: 600 Lexington Avenue, 29th Floor, New York, NY 10022, USA. Europa: Savannah House, 5th Floor, 11-12 Charles II Street London, SW1Y 4QU, Inglaterra.
Teléfono: EE.UU.: +1 212 583 0080 || Fax: +1 212 583 0001, Europa: +44 (0) 207 451 2466 || Fax: +44 (0) 207 451 2469
Página web: http://www.advancenanotech.com
Correo electrónico: info@advancenanotech.com

Advance Nanotech, Inc. es una empresa especializada en la adquisición y comercialización de nanotecnologías. Busca oportunidades de formar acuerdos comerciales con equipos de investigación para introducir en el mercado nuevos productos.

Advance Nanotech identifica programas de investigación en nanotecnología en universidades líderes e invierte en patentes y proyectos para lograr el desarrollo y la comercialización de nuevos nano productos.

La empresa tiene 18 filiales que utilizan la nanotecnología para fabricar productos electrónicos, biofarmaceúticos y materiales

ALTAIR

Dirección: 204 Edison Way, Reno, NV 89502
Teléfono: + 1 775 856-2500
Fax: + 1 775 856-1619
Página web http://www.altairnano.com/
Correo electrónico:

Información corporativo: edickinson@altairnano.com
Desarrollo: empresarialklyon@altairnano.com
Ventas: marketingrgraham@altairnano.com

Altair se especializa en nanopartículas y sistemas de administración de medicamentos así como en nanomateriales cristalinos. La empresa fabrica nanopartículas de titanio dióxido y otros materiales relacionados. Sus aplicaciones se encuentran en productos como pilas de última generación, células de combustible, pinturas, catalizadores, cosméticos, células solares etc.

Productos

- Titanio dióxido Altium™ TiNano 40
- Nanopolvos termales Anatase Thermal Spray Grade Powders (TSGP)

Angstrom Medica, Inc.

Dirección: 150–A New Boston Street. Massachusetts, M.A 01801
Teléfono: 781-933-6121
Fax: 781-933-6127
Página web http://www.angstrommedica.com/

Angstrom Medica, Inc. Es una empresa privada especializada en biomateriales e instrumentos médicos, comprometida con el desarrollo y comercialización de su tecnología patentada para fosfato de calcio nanocristalino. NanOss. Angstrom está desarrollando formulaciones para crear:

a) instrumentos médicos estructurales.
b) Cementos para huesos inyectables
c) Cubiertas bioactivas programables que puedan actuar como un transporte para fármacos

Aspen Aerogel, Inc.

Dirección: 30 Forbes Road. Northborough MA 01532
Teléfono: 508-691-1111
Fax: 508-691-1200
Página web http://www.aerogel.com/

La nanotecnología patentada de la empresa representa un cambio revolucionario en la administración del calor y la conservación de la energía en un amplio rango de mercados industriales y de consumo. La empresa es la proveedora líder de aerogels de fácil aplicación, que actúan como barreras térmicas, contra el fuego y acústicas. El producto es de 2 a 8 veces más efectivo que los productos existentes.

En el 2005, la empresa hizo una inversión de $50 millones de dólares proveniente de capital de riesgo. Es una de las más grandes inversiones en el campo de la Nanotecnología, y le permitirá a la empresa construir su segunda fábrica de alta tecnología para la producción de Aerogel, e incrementar así cinco veces su capacidad de producción.

Atomate

Dirección: 711 Bond Avenue Santa Barbara, CA 93103 USA
Teléfono y fax: (800) 747-1696 (EE.UU.) +1-805 963-1779 (Fuera EE.UU)
Fax: (805) 435-1951
Página web: http://www.atomate.com
email: info@atomate.com

Atomate desarrolla sistemas completos, componentes innovadores y materiales críticos optimizados por el síntesis de nanocables y nanotubos. Su compromiso es trabajar en proximidad con sus clientes para ofrecerles productos que resuelven sus problemas de forma eficaz y económica.

Atomate ofrece soluciones a investigadores que buscan sistemas completos y a los que quieren mejorar sus sistemas existentes. Al diseñar los equipos para que sean fiables, consistentes y de uso fácil, ayudan a sus clientes a centrar sus esfuerzos en la ciencia.

Productos:

- Sistemas completos: estándar o fabricados a medida del cliente
- Componentes: Adhesivos impermeables, aparatos para sistema seguro de suministro de gas, otros componentes CVD, cultivo de nanotubos monocapas por campo eléctrico
- Catalizadores y materiales: Nanotubos monocapa de alto rendimiento etc.

Cabot Corporation

Dirección: Two Seaport Lane, Suite 1300, Boston, MA 02210
Teléfono y fax: 617-345-0100
Fax: 617-342-6103
Página web: http://www.cabot-corp.com

Cabot Corporation opera como una compañía multinacional de químicos especializados y materiales funcionales. La empresa opera en tres segmentos: Químicos, Supermetales y fluidos especializados.

Cabot continúa desarrollando y expandiendo sus más nuevos negocios, incluyendo su creciente unidad de inyección de tinta. A finales del año 2002, Cabot lanzó su nuevo negocio de Aerogels, llamado “Nanogel”, a través del cual produce materiales para aislamiento térmico y acústico.

Cambridge Display Technology CDT

Dirección: CDT Ltd Head Office, Building 2020, Cambourne Business Park, Cambridgeshire, CB3 6DW, Inglaterra.
Teléfono: +44 (0)1954 713600
Fax: +44 (0)1954 713620
Página web http://www.altairnano.com/
Correo electrónico info@cdtltd.co.uk

Cambridge Display Technology (CDT, Nasdeq: OLED) desarrolla tecnologías basadas en diodos de polímeros emisores de luz (PLEDs). Los PLEDs representan la última generación de tecnología de pantallas y sistemas de imágenes ofreciendo ventajas importantes sobre pantallas de cristal líquido.

CDT fue creado en 1992 por dos profesores de la Universidad de Cambridge pioneros en investigaciones sobre el uso de polímeros conjugados para la fabricación de diodos emisores de luz. Actualmente su sede principal sigue en Cambridge, pero la empresa también tiene otras sedes en Asia y los Estados Unidos. Entre su plantilla se encuentran 80 científicos con nivel de doctorado que entre todos hablan un total de 16 idiomas.

Productos y servicios

- Tecnología PLED
- Polímeros y diversos aparatos relacionados con diodos y aparatos ópticos (ver la lista de patentes de CDT)

Carbon Nanotechnologies Inc.

Dirección: 16200 Park Row, Houston, Texas 77084-5195
Teléfono: + 1 281 492 5707
Fax: + 1 281 492 5810
Página web http://www.cnanotech.com
Correo electrónico
Inversiones y prensa: mclaughlin@cnanotech.com
I+D: kmcelrath@cnanotech.com
Ingeniería:robinson@cnanotech.com
Marketing y pedidos: lbrelsford@cnanotech.com

Carbon Nanotechnologies Inc. (CNI) es empresa pionera en nanotecnología de carbón. Es el primer fabricante del mundo de Buckytubes.

La empresa se fundó en el año 2000 por el Premio Nóbel Richard Smalley, profesor de la Universidad de Rice.

CNI tiene una relación estrecha con la Universidad de Rice además de con otras universidades y con empresas del sector de nanotecnología. Actualmente tiene más de 90 patentes aprobados o en fase de aprobación.

Productos y servicios

- Buckytubos (*buckytubes*)
- Nanotubos de carbón

Degussa Advanced Nanomateriales

Dirección: Postcode 1040-004.Rodenbacher Chaussee 4. 63457 Hanau-Wolfgang Germany
Teléfono: 6181 59-4885
Fax: 6181 59-3036
Página web http://www.advanced-nano.com

Degussa ha sido exitosa en fabricar y comercializar óxidos de alta dispersión por muchos años. Sus unidades de negocio como Aerosil y Rellenos & Pigmentos están contribuyendo al éxito de la compañía. Aerosil, dióxido de titanio, óxido de aluminio (AEROXIDE) y carbón negro son ejemplos de los productos a nanoescala que tiene la empresa.

En los últimos cuatro años, Degussa ha desarrollado exitosamente innovadores materiales y métodos de producción. La nueva unidad de negocio (Nanomateriales Avanzados) producirá estos materiales y le permitirá a la empresa ingresar en nuevos segmentos de negocios y atractivos mercados.

First Nano

Dirección: 1015 Mark Avenue, Carpinteria, California, 93013
Teléfono: + 1 805 684 5111
Fax:+ 1 805 684 5121
Página web http://www.firstnano.com
Email info@firstnano.com

First Nano se especializa en soluciones para sintetizar nanotubos y nanocables. El sistema EasyTube está optimizado para síntesis de nanotubos de carbón y permite su crecimiento repetidas veces así como su desarrollo controlado.

Productos y servicios

- Nanotubos de carbón
- Equipos para depositar y caracterizar estructuras
- Herramientas y aparatos nanomecánicos
- Sistema EasyTube

General Nanotechnology, Inc.

Dirección: 1119Park Hill Road Berkeley, California 94708.USA
Teléfono: 303-444-8193

General Nanotechnology es una empresa de Responsabilidad Limitada de California que desarrolla hardware y software para capacidades avanzadas en imagen, nano-manipulación, nano-fabricación, nano-espectrofotometría entre otros. Sus principales operaciones están localizadas en Berkeley, California

LUCENT

Dirección: Lucent Technologies, 600 Mountain Ave., Murray Hill, NJ 07974-0636T
Teléfono:+ 1 908 582-3000; + 1 908 582-8500
Cargos directivos: execoffice@lucent.com + 1 908-508-8080 (9)
Servicios para accionistas: 1 888 582-3686, 610 312-5318
Productos, servicios e información general: +1 888 458-2368 512 434-1523
Lucent Technologies España S.A.U., Avenida de Bruselas 8, 28108 Alcobendas, Madrid.
Teléfono: +34 91 714 8400;
Fax: +34 917148909 consultalucent@lucent.com
Página Web http://www.lucent.com

Lucent Technologies es un spin-off de la empresa norteamericana AT&T, especializada en tecnologías de comunicación de última generación y, más recientemente, en la incorporación de la nanotecnologías en la fabricación de teléfonos móviles, y otras innovaciones como la nanohierba.

Luxtera

Dirección 1819 Aston Avenue Suite 102 Carlsbad, CA 92008-7338
Teléfono + 1 760 448-3520
Fax+ 1 760 448-3530
Página web http://www.luxtera.com
email info@luxtera.com

Empresa spin-off de Caltech-UCLA Luxtera fue creado por dos líderes en el campo de nanofotónicas -Eli Yablonovitch, el científico que inventó el cristal fotónico y el Dr. Axel Scherer, pionero de la fabricación a nanoescala.

El producto de Luxtera se basa en investigaciones de Caltech en el campo de la nanofotónica, es decir tecnología basada en estructuras ópticas a nanoescala. Esta tecnología podría reducir el coste de transiciones óptico-electrónicas y sistemas optoelectrónicas.

Productos y servicios: Productos fotónicos

NANOMIX

Dirección: Nanomix, Inc. 5980 Horton Street, Suite 600, Emeryville, CA 94608 USA
Teléfono: 510.428.5300 Fax 510.658.0425
Página web http://www.nano.com
Correo electrónico: info@nano.com

Nanomix es una empresa de nanotecnología especializada en tecnología de detección de sensaciones (Sensation™ detection technology). Estos aparatos nanoelectrónicos utilizan elementos sensores ultra sensibles de nanotubos de carbón combinados con productos químicos y silicio y pueden ser aplicados en una amplia gama de aplicaciones industriales y médicas en las que los atributos de nanotecnología (bajo consumo de energía, pequeño tamaño y alta sensibilidad) ofrecen ventajas de rendimiento importantes y permiten acceso sin precedentes a datos críticos.

Productos y servicios

- Aparatos de detección industrial (*Industrial Detection Devices*)
- Aparatos médicos de análisis respiratorio (*Medical Breath Analysis Devices*)
- Aparatos de detección biológicos (*Bio Detection Devices*)

Nanospectra Biosciences Inc

Dirección: Nanospectra Biosciences, Inc. 8285 El Rio Street, Suite 130 Houston, Texas 77054
Teléfono: 00-1-713 842-2720
Fax: 00-1-713 440-9349
Página web http://www.nanospectra.com
Correo electrónico: dpayne@nanospectra.com

Nanospectra Biosciences, Inc. fue creada en septiembre 2001 para comercializar las aplicaciones de sus **Nanoshells** en el campo de la medicina. Los *Nanoshells* (literalmente nano-cáscaras) fueron inventados a finales de los años 90 por un equipo de investigación de la Universidad de Rice. Después, al desarrollar las aplicaciones de nanocáscaras, los investigadores de dicha universidad formaron una empresa spin-off, Nanospectra.

Productos y servicios

Nanospectra desarrolla nuevos métodos y terapias médicas no invasivas utilizando sus nanopartículas *nanoshell*. Estas partículas, a diferencia de otros materiales, son capaces de absorber o repartir rayos de luz a la longitud de onda deseada, alcanzando incluso donde los tejidos humanos son relativamente transparentes. Como consecuencia, las nanopartículas nanoshell ofrecen una plataforma tecnológica para una amplia variedad de terapias y diagnósticas.

La empresa centra sus recursos en aplicaciones terapéuticas termales en vivo.

- La destrucción termal de células cancerígenas específicas utilizando un láser infrarroja
- La soldadura de tejidos con láser para una rápida cierre endoscópico de heridas quirúrgicas o graft arteriales
- Una reducción de angiogénesis, presente en ciertos estados de varias enfermedades

Nanosys

Dirección: Nanosys, Inc. Corporate Headquarters, 2625 Hanover Street, Palo Alto, CA 94304
Teléfono: +- 1- 650 331 2100 Fax+- 1- 650 331 2101
Correo electrónico:
Información general: info@nanosysinc.com
Desarrollo empresarial: businessdevelopment@nanosysinc.com
Empleo: careers@nanosysinc.com
Prensa: pgarcia@nanosysinc.com

Creada en 2001, Nanosys es una empresa líder en el sector de la nanotecnología. Desarrolla productos y aplicaciones basados en una plataforma tecnológica que incorpora nanoestructuras orgánicas de alto rendimiento. Su tecnología está protegida por unos 250 patentes o/y solicitudes de patente y la empresa trabaja en los sectores de energía, defensa, electrónica, informática y ciencias naturales.

Nanosys colabora con otras empresas punteras para desarrollar nuevos productos. Entre estas empresas se cuentan empresas tan conocidas como Intel, Dupont, Matsushita Electric Works, In-Q-Tel, SAIC y algunas agencias gubernamentales de los EE.UU. Siguiendo esta estrategia, la empresa pretende "comercializar" la promesa de nanotecnología".

Productos y servicios

- Células solares - un nuevo tipo de célula solar que se puede configurar como un plástico ligero y flexible.
- Herramientas para la investigación científica
- Electrónica flexible
- Memoria no volátil - nanoestructuras para uso en cámaras digitales, MP3 y teléfonos celulares (teléfonos móviles).

NANTERO

Dirección: 25-E Olympia Avenue, Woburn, MA 01801
Página Web: http://www.nantero.com/
Correo electrónico: info@nantero.com

Nantero es una compañía de nanotecnología que utiliza nanotubos para el desarrollo de dispositivos semiconductores de nueva generación. Estos dispositivos incluyen memoria, lógica y otros productos semiconductores.
En el campo de memoria, Nantero esta desarrollando **NRAM™**, una memoria de acceso aleatorio (*Random Access Memory)* de alta densidad no volátil. El objetivo de la compañía es que NRAM™ remplace en un futuro todas las formas existentes de memoria, como DRAM, SRAM y flash memory, de tal forma que sea una memoria universal.

Productos:

- NRAM™
- Logic
- Microelectronic-grade Carbon Nanotube Coating

Quantum Dot Corporation

Dirección: 26118 Research Road, Hayward, CA 94545
Teléfono: + 1 510-887-8775
Fax:+ 1 510-783-9729
Página web http://www.qdots.com
Correo electrónico: csupport@qdots.com

Creada en 1998, Quantum Dot Corporation (QDC) desarrolla y vende soluciones innovadoras para la detección biomolecular. En la creación de sus productos y servicios, Quantum Dot aplica el uso de *nanopartículas quantum dot*. ¿Qué son partículas qdot? Son nanocristales semiconductores que emiten luz en una variedad de colores muy vivos y sus propiedades únicas les convierten en una plataforma de detección biomolecular con ciertas ventajas sobre otras.

QDC vende sus productos mediante venta directa y venta por distribuidores en todo el mundo. Actualmente busca colaboradores para desarrollar las aplicaciones y la promoción de sus productos, acelerar la entrada de tecnología Qdot en el mercado y fortalecer canales de mercado existentes.

Productos y servicios

- Nanocristales
- Paquetes para conjugar anticuerpos a Qdot Nanocristales
- Productos para la detección biomolecular

Veeco Instruments

Dirección: 100 Sunnyside Blvd. Ste. B Woodbury New York 11797-2902
Teléfono: + 1 516 677-0200 Fax + 1 516 714-1200
Página web http://www.veeco.com

Veeco es proveedor líder de soluciones y equipos de metrología y procesos utilizados por fabricantes en las industrias de almacenamiento de datos, semiconductores y compuestos de semiconductores/sin cable.

Dichas industrias ayudan a crear una amplia gama de tecnología y productos fruto de la era de la información tales como ordenadores, redes, asistentes personales digitales y otros productos diseñados para el consumo general.

Las herramientas metrológicas de Veeco se utilizan para medir a nano-escala y sus herramientas *Process Equipment* contribuyen a la creación de aparatos a nanoescala.

De acuerdo con su compromiso con el liderazgo en productos tecnológicos y crecimiento en cada una de sus líneas de productos, Veeco lanza nuevos productos diseñados a ofrecer beneficios a largo plazo a sus clientes en los EE.UU., Europa, Japón y Asia.

Zyvex

Dirección:
Zyvex Corporation, 1321 N. Plano Road, Richardson, Texas 75081
Teléfono:
Becas y alianzas: +1-972.235.7881 (ext. 278)
Recursos humanos: +1-972.235.7881 (ext. 222)
Inversiones: +1-972,235.7881 (ext. 232)
Gabinete de prensa: +1-972.235.7881 (ext. 220)
Programa de socios: +1-972.235.7881 (ext. 203)
Ventas: +1-972.235.7881 (ext. 271)
Certificación *CNT Supply Chain*: +1-972.235.7881 (ext. 279)
Fax: +1- 972.235.7882
Página web http://www.zyvex.com
Información general: info@zyvex.com
Ventas: sales@zyvex.com
Programa de socios: partnerprogram@zyvex.com
Seminarios técnicos: knowledgeseminar@zyvex.com

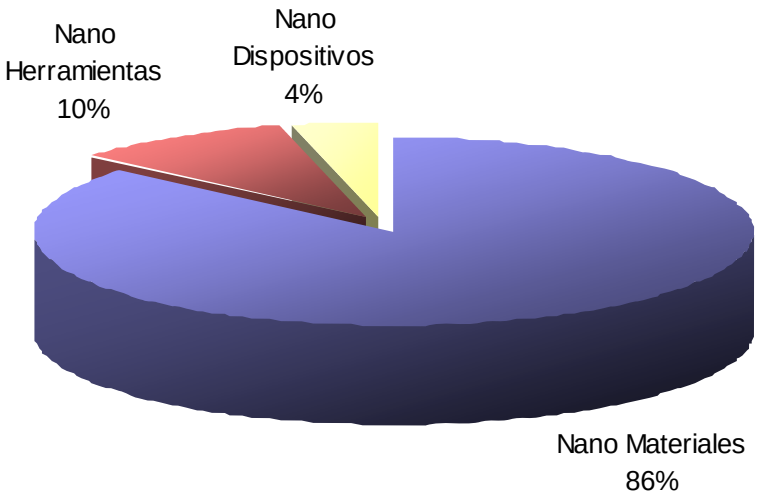
Zyvex comercializa nanotecnología con el fin de crear aplicaciones para el mundo real. Centran sus esfuerzos en aquellas aplicaciones con un alto potencial a crecer a corto y largo plazo. Su objetivo a corto y medio plazo es aprovechar las mejoras importantes que ofrecen sus productos y capacidades - a veces de 10 a 10.000 veces mejor que tecnologías existentes.

La visión de Zyvex es convertirse en el proveedor número uno a nivel internacional, de herramientas, productos y servicios que permitan fabricación y precisión molecular adaptable y económica.

Productos y servicios: Materiales, Herramientas y Estructuras

La información disponible a la fecha, permite confirmar que el mercado mundial de la nanotecnología está dividido de la siguiente manera:

Gráfica A.c.iii.1.- Mercado mundial de la nanotecnología

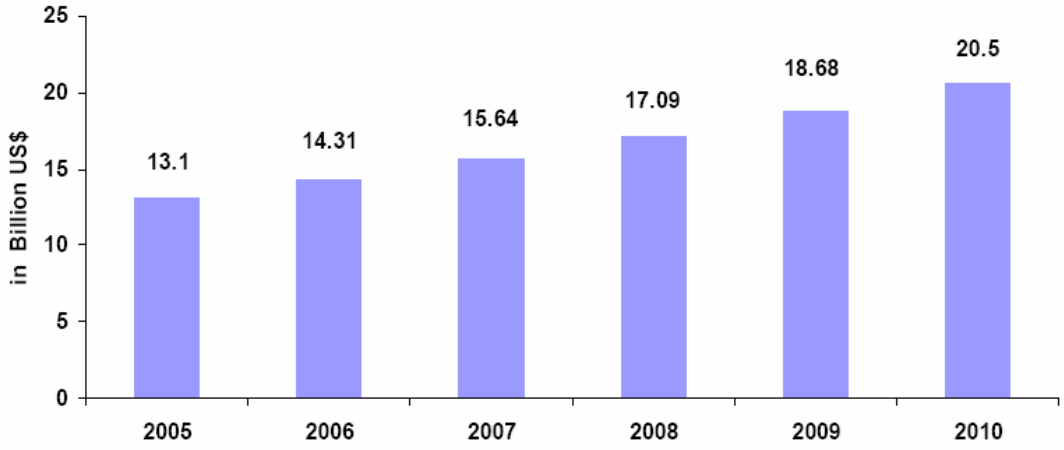


Esta distribución obedece básicamente a que los nanomateriales pueden ser aplicados a la gran mayoría de los productos de los diferentes sectores industriales sin modificar significativamente procesos y equipos.

En los Estados Unidos es el segmento más lucrativo y rentable al igual que a nivel mundial, pues son los nanomateriales los que mayores ventas representan dentro de la nanotecnología. Es importante hacer mención que de los nanomateriales y las nanopartículas cuentan con la mayor participación de mercado.

La siguiente tabla muestra el consumo mundial proyectado para los nanomateriales en el periodo 2006-2010.

Gráfica A.c.iii.2.- Consumo mundial de nanomateriales



Source: BCC, Inc.

iv. Operación de las empresas internacionales del sector de nanotecnología en el mercado global: distribución de operaciones entre los diferente países y qué motiva esa distribución.

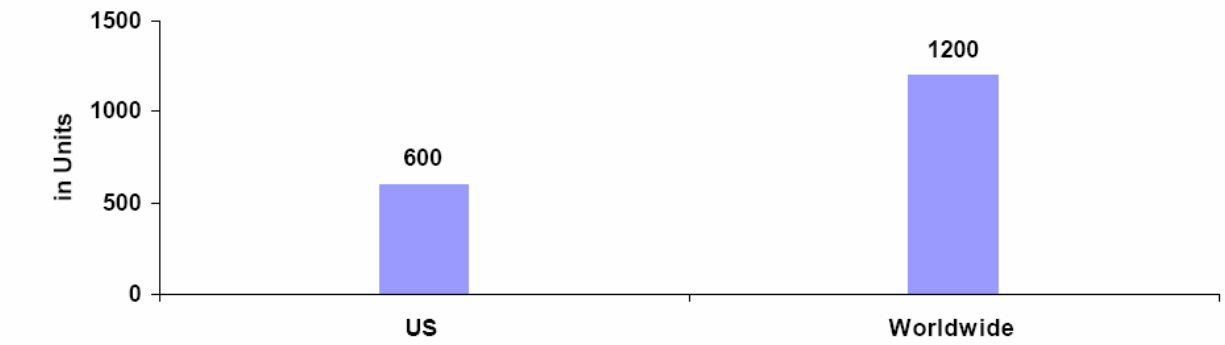
La inversión en nanotecnología ha sido cuantiosa, tanto por parte de los gobiernos como de los capitalistas de riesgo. En el 2005, el gobierno de Estados Unidos invirtió en este rubro $1,260 millones de dólares, mientras que el capital de riesgo ascendió a $1,000 millones de dólares. Se espera que estos números se incrementen en el futuro. Estos recursos han creado un número significativo de nuevas empresas que compiten por un lugar específico en la industria emergente.

La gran mayoría de compañías de nanotecnología de todo el mundo son pequeñas "Start-ups" o iniciativas lideradas por las universidades. Sólo el 10% de estas compañías han atraído alguna vez capital riesgo, de acuerdo con la investigación de Small Times, y sólo el 10% de éstas han recibido más de una ronda de financiación.

Pero esta tendencia está cambiando, pues las compañías de nanotecnología están buscando con éxito a los inversionistas potenciales, tanto institucionales como de capital riesgo. Simultáneamente, los inversionistas y compañías de accionistas han contactado con las compañías líderes en nanotecnología para saber acerca del futuro de las aplicaciones de vanguardia en nanotecnología.

En términos de presencia geográfica, encontramos que la segmentación del mercado de las compañías nuevas "start-ups" de nanotecnología están igualmente concentradas en Estados Unidos, lo que representa una tercera parte del total, posicionando a este país muy por encima de cualquier país del mundo, incluso de Japón y la Unión Europea.

Gráfica A.c.iv.1.- Concentración geográfica de compañías nuevas "start-ups"



Source: Business Week

La siguiente tabla muestra la clasificación de algunas de las empresas de base nanotecnológica.

Cuadro A.c.iv.1.- Clasificación de empresas de base nanotecnológica

Categoría	Empresas Líderes
Medicina	iMedd, Flamel, BioSante, Elan, Cytlmmune, FeRX, Targesome, Nanospectra Biosciences, NanoBio Corp, Engege, Nanosys, Nanosphere, Quantum Dot, Combimatrix, Fluidigm
Electrónica	NanoOpto, Nanosys, Nantero, Zettacore, Samsung, Konarka
Ciencia de los Materiales	Applied Nanomaterials, Argonide, Lightyear, NanoSonic
Partículas y Catalizadores	NanoMix, Medis Technologies, NEC, Xoliox, nTera, NanoGram, Konarka
Herramientas	Veeco, NanoDevices, Angstro Vision, FEI, Nnometrics, NanoTitan, Vyzx, NanoInk, Reactive NanoTech, Zyvex
Fuentes de Información	Foresight Institute, Nanotechnology Now

La distribución por región geográfica de acuerdo al área de mayor desarrollo de la nanotecnología está dada de la siguiente manera:

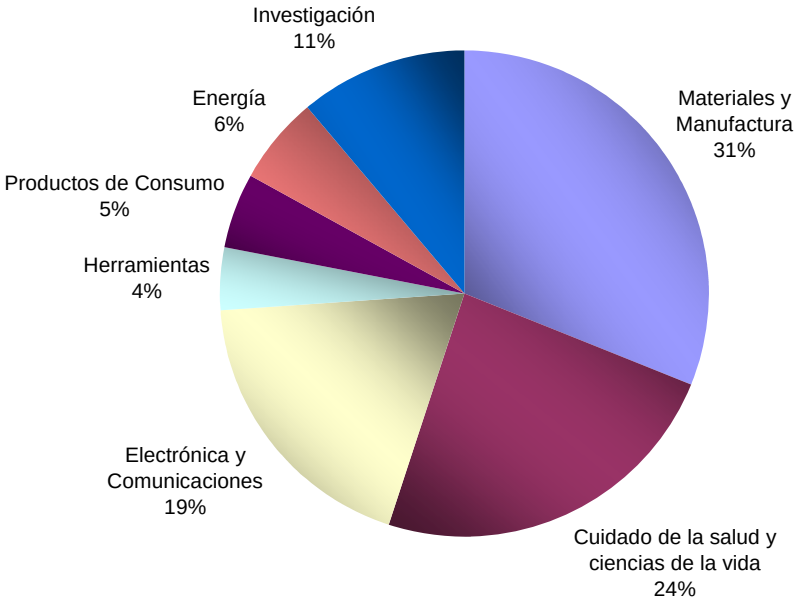
Cuadro A.c.iv.2.- Distribución del desarrollo de la nanotecnología por región geográfica

Región / Área de competencia	Electrónica / Tecnologías de Información	Estructura	Materiales	Medicina / Farmacéutica	Química
Estados Unidos	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Baja
Japón	Muy Alta	Alta	Alta	Baja	Baja
Europa	Baja	Baja	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Asia-Pacífico	Muy Alta	Baja	Baja	Baja	Baja

Se puede observar que en el área de química no hay mucha competencia y podría significar un nicho de oportunidad para México, sobre todo si se establece en colaboración con Europa, por su experiencia en esa área.

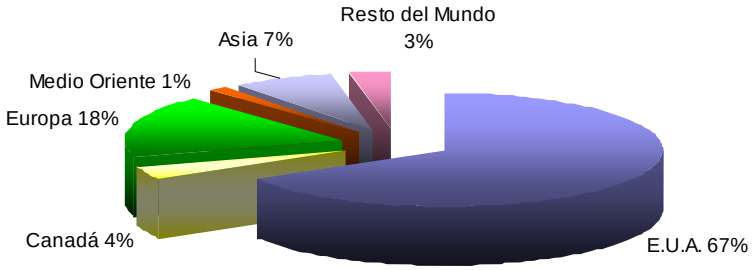
Resulta importante también analizar la distribución de operaciones de las empresas en Estados Unidos, principalmente por la cercanía geográfica y comercial que México tiene con ese país.

Gráfica A.c.iv.2.- Empresas con base nanotecnológica por área de aplicación en Estados Unidos de Norteamérica. 2005.



La distribución geográfica de acuerdo al origen de las empresas con base nanotecnológica está dada de la siguiente manera:

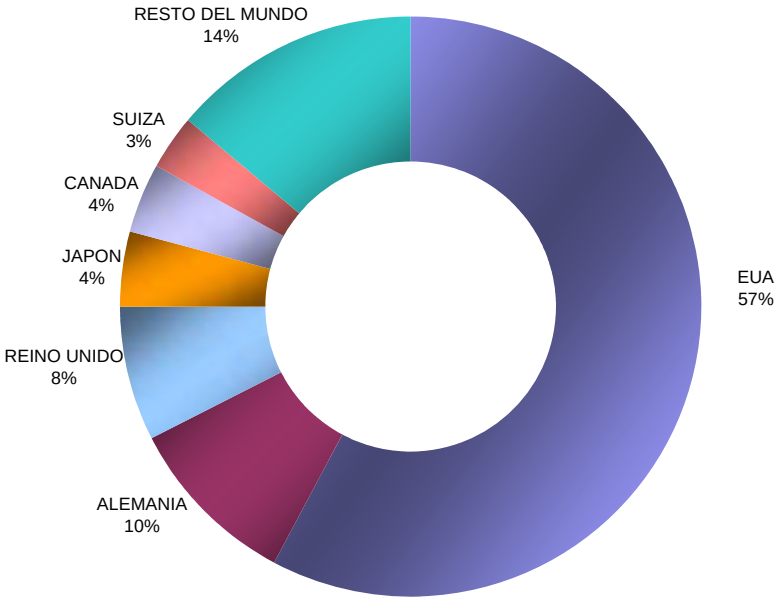
Gráfica A.c.iv.3.- Distribución geográfica de acuerdo al origen de las empresas de base nanotecnológica



La operación de las empresas internacionales del sector de nanotecnología en el mercado global se encuentra principalmente en Estados Unidos. De esta manera,

Estados Unidos encabeza la lista de los países más involucrados con investigación y comercialización de la nanotecnología.

Gráfica A.c.iv.4.- Distribución geográfica de acuerdo a la operación de las empresas de base nanotecnológica



La operación de las empresas de base nanotecnológica se clasifica comúnmente de acuerdo a su giro en 6 grandes rubros:

- Medicinas
- Electrónica
- Ciencia de los materiales
- Partículas y catalizadores
- Herramientas
- Fuentes de Información

Lo que motiva la distribución de las operaciones es la alianza investigación-desarrollo-empresa que en Estados Unidos se ha venido dando desde la creación de la National Nanotechnology Initiative (NNI), que coordina los esfuerzos en ciencia, ingeniería y tecnología a nanoescala.

Este programa permite principalmente la orientación y apoyo a la investigación en nanotecnología, lo que ha derivado en desarrollos innovadores que a su vez son adoptados por las empresas para ser comercializados. Este ciclo natural del desarrollo de productos sería difícil de concebir en un área tan nueva como lo son la nanociencia y nanotecnología si no se contara con los recursos financieros y sobre todo con el compromiso y seguridad que brinda una iniciativa nacional.

En lo que a la Unión Europea se refiere, su compromiso estuvo claro desde el principio: igualar en la medida de lo posible las economías de los países miembros, brindando total apoyo a los países menos desarrollados y poniendo a su alcance el conocimiento de las economías más fuertes e industrializadas, a través de programas de financiamiento y actividades de cooperación en todos los sectores, incluyendo a la nanotecnología.

Con base en lo anterior, es factible concluir que el desarrollo de una tecnología tan nueva, revolucionaria y aplicable a prácticamente todas las ramas industriales, debe ser guiada primeramente por una iniciativa o programa nacional que solvente en gran medida las inversiones en investigación y desarrollo que se requieren y que a su vez permita realizar actividades de cooperación internacional para dar la oportunidad de acceso al conocimiento ya adquirido en otros países, pero sobre todo, que permita la vinculación entre centros de investigación e industria.

d. Impacto del uso de la nanotecnología sobre los costos de producción, respecto del uso de materiales o tecnologías tradicionales

La evolución de las tecnologías tradicionales, utilizadas en la manufactura de componentes y artículos cada vez más eficientes, más pequeños, más funcionales, más económicos, etc. ha llevado a tocar los límites de lo visible, para trasponer la frontera hacia lo intangible. Este cambio de escala, representa un reto para el intelecto humano, puesto que ya no es posible medir, manipular, construir y ensamblar materiales y componentes en la misma forma en que lo hemos hecho hasta ahora, y en este sentido, la Nanotecnología es una disciplina emergente que deberá resolver estos aspectos.

Debido al desarrollo incipiente de la Nanotecnología en donde no se tienen muchos elementos de juicio, tal vez parezca ocioso el hacer comparaciones entre esta disciplina y las tecnologías tradicionales, sin embargo, los ejemplos siguientes pueden servir como guía para hacer predicciones y proyecciones del comportamiento de los costos y beneficios económicos en la transición entre las tecnologías tradicionales y la nanotecnología.

El primer ejemplo es muy significativo, dado que nuestro país detenta el primer lugar a nivel mundial en la producción de plata, a la cual se le podría dar un gran valor agregado mediante la nanotecnología.

El segundo trata de la utilización de nanotubos de carbón (CNT) para fabricar fibras super resistentes y su uso en la industria del blindaje corporal. Esta opción representa un importante nicho de mercado debido a las condiciones de inseguridad y conflictos bélicos en las que se encuentran inmersos una gran cantidad de países.

El tercero trata de la conveniencia de sustituir los cables convencionales de aluminio reforzados con acero, para la transmisión de energía eléctrica, por fibras de nanotubos

de carbón. Los ahorros debidos a la eficiencia de las fibras CNT son considerables y de gran valor estratégico en estos momentos de crisis energética mundial.

i. Nanopartículas de Plata

Desde hace décadas se conoce el efecto bactericida de los compuestos de plata. En el mercado existen muchos productos, principalmente soluciones de plata coloidal, que se utilizan para desinfectar el agua para beber y para el lavado de las frutas y hortalizas. Recientemente, el estudio del comportamiento de las nanopartículas de plata ha derivado en otras muchas aplicaciones en medicina, microbiología y cosmética, muy estrechamente relacionadas con las propiedades microbicidas de la plata. Entre estas aplicaciones se pueden mencionar:

Productos para el cuidado personal basados en la nanotecnología de la plata

- Productos para el cuidado femenino con eficacia antimicrobiana para el tratamiento de la vaginitis/cervicitis
- Productos para la prevención de enfermedades de transmisión sexual: lubricantes, toallas húmedas, duchas y aerosoles
- Pasta dental
- Hidrogel, mascarillas y toallas húmedas para el tratamiento del acné
- Hidrogel para el tratamiento del pie de atleta

Productos para la desinfección de telas, plásticos y otras fibras

- Plata coloidal nanométrica bactericida de amplio espectro para la desinfección de telas de poliéster sin tejer durante la fabricación de prendas desechables para uso en quirófanos
- Telas de celulosa, algodón y sintéticas impregnadas con 5 a 30% de plata fija intersticial, remanente incluso después de varios ciclos de lavado, para uso como vendas en medicina, calcetines, ropa interior, filtros de aire acondicionado, alfombras, etc.
- Polipropileno y fibras de polipropileno con plata nanoestructurada integrada, para usarse en la industria automotriz en el proceso de fabricación de los interiores de los autos

Otros productos

- Nanoesferas huecas de sílice que pueden llenarse de fosfato de amonio y plata los cuales se liberan lentamente para utilizarse como fertilizantes, antimicrobianos y antialgas

Debido a estas aplicaciones, la nanotecnología de la plata representa un nicho de mercado potencial de gran interés. En 2005, el mercado mundial de los metales nanoestructurados, fue de 28 millones de dólares con un crecimiento anual proyectado de 48%[81].

[81] The Nanotech Report 4. http://www.luxresearchinc.com

Los procesos principales para la obtención de metales nanoestructurados son[82,83]:

- *Deformación*: Las micro estructuras del metal se rompen en nanoestructuras mediante métodos mecánicos tales como el rolado, la extrusión, el cizallado o cualquier otro método de deformación plástica severa; o mediante métodos de bombardeo del metal utilizando pequeñas partículas de arena o diamante a gran velocidad. Posteriormente se aplican técnicas de deformación en frío para templar el metal e inducir la recristalización de la superficie.

- *Desvitrificación:* Se produce una solución sólida del material precursor, supersaturada y superenfriada llamada vidrio metálico, en la cual se genera un arreglo amorfo de los átomos metálicos sin ligas cristalinas. El vidrio es entonces calentado y enfriado sucesivamente para producir cristales nanoestructurados.

- *Electrodeposición:* Utilizado principalmente para generar cubiertas de metal, una corriente eléctrica de pulso se aplica a una celda electrolítica conteniendo una solución de iones del metal; el material es electrodepositado en forma nanocristalina sobre el cátodo. La solución electrolítica puede contener otra sustancia para controlar el tamaño de grano del metal.

- *Precipitación Sol-gel:* Una solución (sol) de una sal de metal se mezcla con un precursor (Tetrametilortosilicato o tetraetilortosilicato), el cual se hidroliza, polimeriza y condensa, para formar una red sólida que contiene una fase líquida (gel), en la que se encuentra el metal finamente dividido, ligado mediante puentes de hidroxilo. Posteriormente el gel se seca y calcina para obtener el metal nanoestructurado.

En la siguiente tabla se estiman los beneficios económicos de producir plata nanoestructurada, considerando que el precio actual de la plata es de 14 USD por onza, es decir, aproximadamente 0.5 USD por gramo de plata.

Precio de Venta*: Lista de precios de Nanostructured & Amorphous Materials
16840 Clay Road, Suite #113, Houston, TX 77084, USA

Numero de veces**: Número de veces que se incrementa el valor de la plata con el proceso

[82] http://www.chem.ucla.edu/dept/Faculty/schwartz/schwartz_pubs/J_Sol-Gel_Sci_19_249_2000.pdf
[83] http://www.nanoroadmap.it/roadmaps/NRM_Nanoparticles.pdf

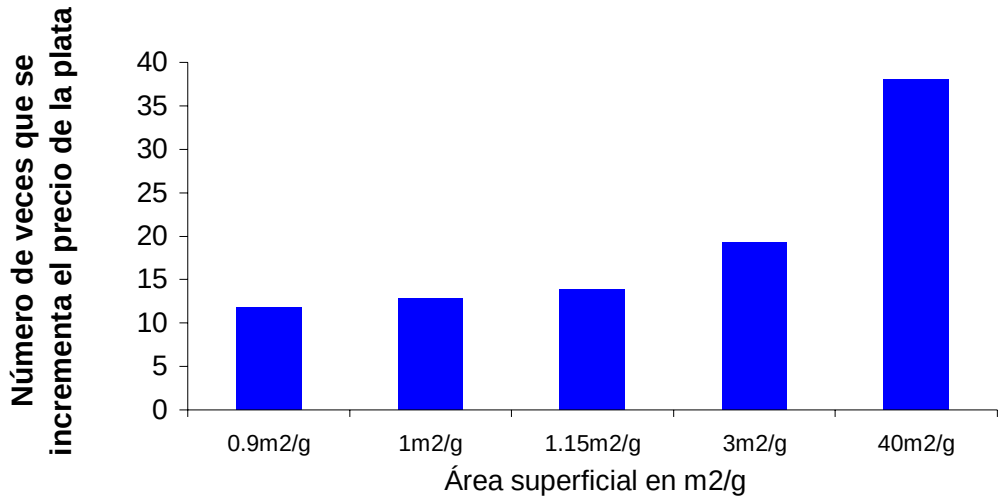
Cuadro A.d.i.1.- Beneficios estimados en la producción de plata nanoestructurada

Características del producto	Precio de venta USD*	Número de veces**
Polvo de plata 99.95% de pureza Grosor: 80 – 500 nm Longitud y anchura: 8 – 10 µm Superficie: 0.6 – 1.2 m^2/g Morfología de partícula: Hojuelas Estructura cristalográfica: Cúbica	147/25g	11.76
Polvo de plata 99.95% de pureza Grosor: 80 – 500 nm Longitud y anchura: 5 – 8 µm Superficie: 0.7 – 1.3 m^2/g Morfología de partícula: Hojuelas Estructura cristalográfica: Cúbica	160/25g	12.8
Polvo de plata 99.95% de pureza Grosor: 80 – 500 nm Longitud y anchura: 2 – 4 µm Superficie: 0.8 – 1.5 m^2/g Morfología de partícula: Hojuelas Estructura cristalográfica: Cúbica	173/25g	13.84
Polvo de plata 99.5% de pureza Dimensiones: (20-80)X(600-1200)X(600-1200) nm Superficie: 3 m^2/g Morfología de partícula: Hojuelas Estructura cristalográfica: Cúbica	240/25g	19.2
Polvo de plata 99.95% de pureza Diámetro: 1.5 – 2.5 µm Superficie: 0.4 – 0.8 m^2/g Morfología de partícula: Esférica Estructura cristalográfica: Cúbica	147/25g	11.76
Polvo de plata 99.95% de pureza Diámetro: 0.6 – 1.6 µm Superficie: 0.6 – 1.2 m^2/g Morfología de partícula: Esférica Estructura cristalográfica: Cúbica	160/25g	12.8
Polvo de plata 99.95% de pureza Diámetro: 250 – 350 nm Superficie: 1.5 - 2.5 m^2/g Morfología de partícula: Esférica Estructura cristalográfica: Cúbica	167/25g	13.36
Polvo de plata 99.0% de pureza Diámetro: 90 – 210 nm	173/25g	13.84

Características del producto	Precio de venta USD*	Número de veces**
Superficie: 2.4 – 4.42 m^2/g Morfología de partícula: Esférica Estructura cristalográfica: Cúbica		
Polvo de plata 99.0% de pureza Diámetro: 35 nm Superficie: 30 – 50 m^2/g Morfología de partícula: Esférica Estructura cristalográfica: Cúbica	95/5g	38

En la siguiente gráfica se muestra la relación que existe entre el aumento en el área superficial (debido a la disminución en el tamaño de las partículas), y el número de veces que se incrementa el precio de la plata.

Gráfica A.d.i.1.- Relación entre el área superficial de las partículas y el precio de la plata



ii. Fibras textiles super resistentes de nanotubos de carbón y su utilización en protección antibalística

A partir de que la empresa DuPont introdujo las fibras de Kevlar® al mercado, en 1971[84], este producto ha ganado amplia reputación en la industria de la protección, utilizándose para la fabricación de chalecos antibalas destinados principalmente a los cuerpos policíacos y militares.

La fibras de Kevlar consisten de largas cadenas de moléculas producidas a partir de la poli-parafenileno tereftalamida (para-aramida). Las cadenas están altamente orientadas con fuertes enlaces entre ellas, lo cual resulta en una combinación única de propiedades, entre las que se pueden mencionar:

- Alto peso molecular
- Alta carga para una elongación específica
- Alta fuerza de tensión
- Rigidez estructural
- Baja conductividad eléctrica
- Alta resistencia química
- Baja elongación térmica
- Resistencia al desgaste
- Estabilidad dimensional
- Alta resistencia al corte
- Resistencia al fuego
- Resistencia al corte

Estas características hacen que las fibras de Kevlar sean muy resistentes a los impactos cuando se colocan en varias capas, y de ahí su uso en la fabricación de armaduras antibalas.

El incremento en las necesidades de protección y seguridad de los cuerpos militares y policíacos a nivel mundial, ha propiciado el crecimiento de la industria de fabricación de armaduras corporales, elevando la demanda de fibras que presenten características similares a las de Kevlar.

En 1998 la compañía japonesa Toyobo lanzó al mercado el Zylon®, el cual consiste de cadenas de rígidas de poli (p-fenileno-2,6-benzobisoxazol) (PBO), el producto resultó más ligero y más resistente que el Kevlar; sin embargo, una investigación debida a la muerte de un policía y a las serias heridas que recibió otro, ambos protegidos con chalecos fabricados con Zylon, determinó que este producto se degrada rápidamente perdiendo sus propiedades de protección.

En la actualidad, además de los anteriores, se utiliza otro producto denominado Dyneema®, fabricado por DSM Dyneema, el cual consiste en fibras de polietileno de

[84] http://www2.dupont.com/Kevlar/en_US/assets/downloads/KEVLAR_Technical_Guide.pdf

alto desempeño (HPPE), el cual, de acuerdo con los fabricantes, presenta una fuerza de tensión 40% superior a las fibras de aramida[85] (Kevlar). El Dyneema se ha venido utilizado desde 1940 para otros fines.

Alan Windle[86], un profesor de ciencia de materiales de la Universidad de Cambridge, en Inglaterra, en conjunto con investigadores del Natick Soldier Research Development Center, en Massachussets, desarrollaron recientemente una fibra de nanotubos de carbón (NTC) que en un futuro no muy lejano, vendrán a competir con las fibras utilizadas actualmente en las armaduras a prueba de balas.

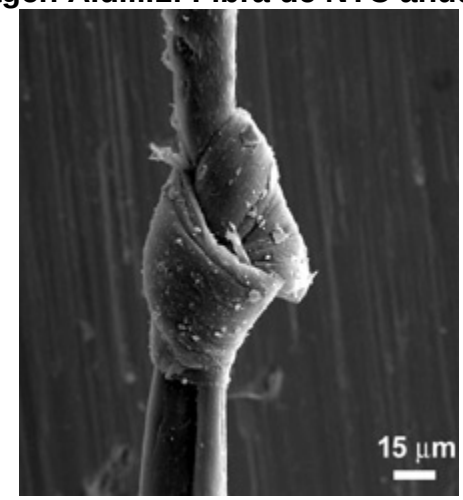
Los nanotubos de carbón son una nueva forma de este elemento, que fueron identificados en 1991 por Sumio Iijima de Nec, en Japón. Están formados por arreglos hexagonales de átomos de carbón.

Pueden contener una o múltiples capas. Son muy pequeños y solamente pueden medirse en nanómetros; el diámetro de su estructura cilíndrica hueca o tubular puede ser 50,000 veces mas delgada que un cabello humano y su longitud puede ser de millones de veces su diámetro.

Los NTC poseen muchas propiedades importantes y únicas (químicas, físicas y mecánicas), que los hacen muy apropiados para muchas aplicaciones; son 100 veces más fuertes que el acero, con solamente una sexta parte de su peso, conducen la electricidad mejor que el cobre y transmiten el calor mejor que el diamante.

La aportación de Windle y colaboradores, es la invención de un método práctico para trenzar las fibras de NTC para formar hilos flexibles que permiten la formación de tejidos e inclusive, hacer nudos (Figura 2).

Imagen A.d.ii.1: Fibra de NTC anudada

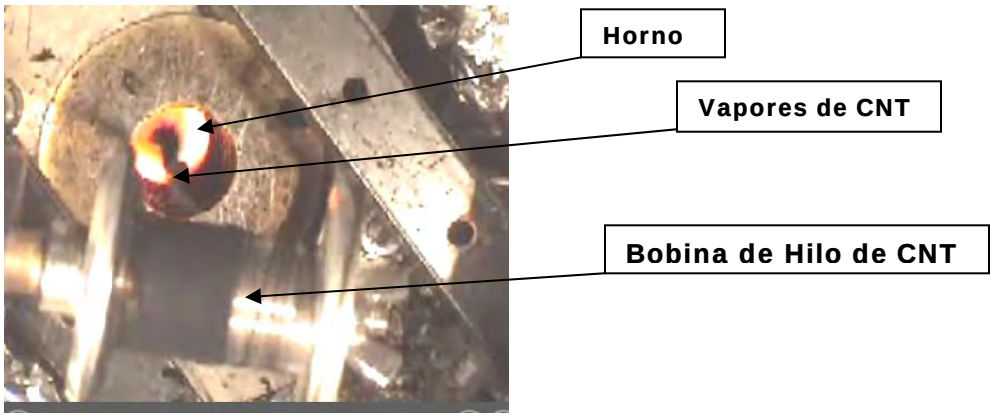


85 http://www.dsm.com/en_US/html/hpf/home_dyneema.htm

86 http://www.technologyreview.com/Nanotech/19730/

El método de Windle consiste en vaporizar carbón en un horno, de donde se desprende una gran cantidad de filamentos de nanotubos de carbón, los cuales son dirigidos y compactados por una corriente de aire para formar un hilo que es recogido en una bobina (Figura 3).

Imagen A.d.ii.2: Fabricación de un hilo de NTC



Posteriormente el hilo de NTC es pasado por vapor de acetona, la cual se condensa en entre las fibras, creando una tensión superficial que presiona a los nanotubos a que permanezcan unidos, empacándose más apretadamente, aumentando de esta manera la resistencia a la tensión del hilo.

Las fibras generadas con este procedimiento resultaron 30% más fuertes que las obtenidas por otros grupos de investigadores.

Por el momento, la resistencia a la tensión de las fibras de NTC producidas por Windle, varía entre 1 (resistencia máxima del acero) y 9 gigapascales, valor que supera al Kevlar. De acuerdo con el propio Windle, la resistencia de las fibras obtenidas no es sorprendente, dado que la resistencia de los tubos individuales es 5 veces más grande.

En un futuro próximo será posible fabricar fibras de NTC que sean tan fuertes como los nanotubos mismos y estas fibras vendrán a sustituir a las utilizadas hasta ahora en la manufactura de prendas de protección a prueba de balas.

Un estudio reciente de modelado por computadora sugiere que el número de capas de tela de NTC necesarias para brindar protección antibalística es de seis; comparadas contra treinta de Kevlar. Esto representa armaduras más ligeras que permitirían mayor movilidad al usuario.

Los datos anteriores permiten hacer una comparación de características y costos estimados de chalecos antibalas misma que se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro A.d.ii.1.- Comparación de los materiales convencionales y las fibras de NTC en la fabricación de chalecos a prueba de balas.

	Kevlar	Dyneema Spectra Zylon	Fibras de NTC
Número de capas	30	18	6
Resistencia de las fibras en GPa Acero[87]= 0.65 -1	8.15 – 8.37	11.41	[88]SWNT=13–53 Armchair= 126.2 MWNT=150
Peso del chaleco	2.5 Kg	2.1 Kg	1.7 Kg
Peso del material protector	1.0 Kg	0.6 Kg	0.2 Kg
Costo de producción estimado	150 – 200 USD	180 – 300 USD	400 – 500 USD
Precio de venta	500 - 700 USD	650 - 1100 USD	1200 – 1500 USD
Beneficio por chaleco	350 – 500 USD	470 – 800 USD	800 – 1000 USD

El costo de producción de las fibras de NTC se estimó en 2 USD por gramo, considerando que la estrategia de la empresa Rosseter Holdings Limited dedicada a la manufactura masiva de NTC, con sede en Chipre y presidida por Maria Xenophontos, es la de ganar mercado vendiendo a $5 USD el gramo de NTC y reducir este precio a medida que el mercado se expanda. Ésto sugiere que el costo de producción de NTC en la actualidad debe ser de 2 USD o menor.

[87] http://www.assda.asn.au/asp/index.asp?pgid=17971
[88]http://www.weizmann.ac.il/wagner/COURSES/Reading%20material%20(papers)/Encyclopedy_of_polymer_science_2003.pdf ; http://www.eastonbike.com/TECHNICAL/technical_FAQ.html#3 ; http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_nanotube

iii. Cables Eléctricos de Nanotubos de Carbón (NTC).

Conforme se incrementan nuestras necesidades de energía, se agrega una pesada carga sobre los hombros de nuestra infraestructura eléctrica. Encaramos el reto de desarrollar nuevos materiales para las líneas de transmisión que sean mas livianos y eficientes que el cobre. Los fibras individuales de nanotubos de carbón tienen una conductividad similar o mayor que la del cobre, con una sexta parte de su peso y sin pérdidas significativas de energía debidas a la resistencia.

La alta conductividad se deriva de alta eficiencia en la transmisión de electrones a través de los NTC individuales que actúan como guías de ondas cuánticas en una dirección y del eficiente efecto resonante de túnel cuántico de los electrones al pasar de un tubo a otro a través de la fibra.

Algunos investigadores[89] han demostrado que un NTC de pared simple puede transportar una corriente hasta de 20 micro amperes. Suponiendo un 5% de eficiencia en la conducción de un nanotubo a otro a lo largo de toda la longitud de la fibra y una densidad de 10^{14} nanotubos por centímetro cuadrado, una fibra de NTC podría transportar 100 millones de amperes por centímetro cuadrado, es decir, 100 veces la capacidad de los mejores superconductores de baja temperatura.

Por otra parte, con la tecnología actual, las pérdidas en las líneas de conducción son cercanas al 7%. Reducir estas pérdidas al 5% resultaría en un ahorro nacional anual de $6X10^{8}$ kilowatt-hora, equivalentes a 360,000 barriles de petróleo.

La producción actual de NTC de pared simple, típicamente resulta en fibras de menos de 100 µm de longitud, presentando una amplia variedad de propiedades de conducción eléctrica. De esta manera, existe el reto técnico de producir consistentemente NTC con propiedades controladas de conducción.

De acuerdo con Richard Smalley[90], químico de la Rice University, las diferencias en las propiedades de conducción se deben a que con las técnicas de producción actuales, se generan muchos tipos de NTC indiscriminadamente.

El grupo de Smalley ha producido fibras de 100 metros de longitud de NTC bien alineados. Sin embargo, las fibras son una mezcla de 150 diferentes tipos de nanotubos, lo cual limita su conductividad. La mejor fibra consistiría en solamente una clase de NTC; idealmente los llamados “5,5-armchair NTC” por el arreglo en sus átomos de carbón.

Smalley tiene la hipótesis de que agregando pequeñas cantidades de un solo tipo de NTC al inicio del proceso de síntesis, serviría como catalizador para que se produjeran una gran cantidad de NTC idénticos, es decir, una “clonación” del tubo original.

[89] http://www.nano.gov/html/news/SpecialPapers/Nanotubes%20For%20Power%20Transmission%20Line%20MaterialsA.htm
[90] http://www.technologyreview.com/read_article.aspx?ch=infotech&sc=&id=14407&pg=2

En la tabla siguiente (Tabla 3) se hace una comparación entre el costo estimado de producir líneas eléctricas de NTC y los cables de conducción actuales de aluminio reforzados con acero.
Costo del aluminio: 1.11 USD/lb
Costo del NTC: 2 USD/g

Cuadro A.d.ii.2.- Comparación de los costos, peso y eficiencia entre cables convencionales y cables de fibras de NTC para la conducción de energía.

Tipo	Diámetro	Peso	Eficiencia	Costo
Aluminio	8 mm	542 g/m	1	1.40 USD/m
Fibra de NTC	0.08 mm más cubierta plástica 4 mm en total	90 g/m	10	0.30 USD/m

Conclusiones: A través de los ejemplos anteriores podemos apreciar los beneficios económicos de la integración de prácticas de nanotecnología en los procesos convencionales o para la sustitución de los mismos. No es casualidad que la mayoría de los países en todos los niveles de desarrollo, estén invirtiendo una gran cantidad de recursos para impulsar iniciativas nacionales en nanotecnología.

Los ejemplos anteriores se seleccionaron para poner de manifiesto que la aplicación de la nanotecnología no se circunscribe a sofisticados laboratorios con equipo costoso, y que en ocasiones una aplicación de esta disciplina puede resultar más simple de lo que su nombre aparenta.

e. Intensidad en el uso de recursos humanos y remuneración promedio en relación con las demás actividades económicas.

En el reporte de la encuesta realizada en línea por David Forman[91] de *Small Times* durante el período comprendido del 15 de Diciembre de 2005 al 12 de Enero de 2006, se muestran algunos datos útiles para establecer inferencias con respecto a la remuneración de los recursos humanos dedicados a actividades en el área de nanotecnología.

Más de 1,300 personas de 37 países contestaron esta encuesta de 29 preguntas relacionadas con salarios, beneficios, educación, edad, experiencia, así como tamaño, tipo y localización de los empleadores.

Los resultados muestran que, en general, los empleados en micro y nanotecnología están bien pagados y tienen un alto nivel educativo.

A nivel mundial, el salario promedio de los empleados en micro y nanotecnología, es de $84,605 dólares anuales, mientras que en EU es de $97,978.

El 36.7% de los respondientes a nivel global, reportan grado de doctorado o equivalente, mientras que las personas con grado de maestría acumulan un 29.1%.

El alto nivel salarial también refleja una gran participación en la encuesta de ejecutivos de alto rango y de ingenieros. El 24.5% de los encuestados fueron altos ejecutivos (Presidentes, Directores, Vicepresidentes); el 21.7% fueron administradores y el 35.8% se clasificaron a sí mismos como ingenieros, investigadores o científicos.

En contraste, solamente el 2.7% de los respondientes corresponden a personal técnico, el 1.9% a personal de negocios o ventas y el 6.3% a profesores de colegios y universidades.

Para hacer más significativos los resultados, el autor de la encuesta publica los niveles salariales clasificados por categorías mismos que se detallan en la Tabla 1. Es conveniente destacar que el 73% de las respuestas provienen de EUA. Del porcentaje restante, India participa con el 23.7%, Canadá con el 22.6%, UK con el 6.7%, Alemania con el 4.8% mientras que China y Singapur contribuyen con el 4.1% de participación en la encuesta. Este puede ser un buen indicador de la importancia relativa que asignan los países al desarrollo de la nanotecnología.

[91] D. Forman. 2006. We show you the money. Smalltimes
http://www.smalltimes.com/articles/article_display.cfm?ARTICLE_ID=251949&p=109

Cuadro A.e.1.- Salarios de profesionales en Nanotecnología en el mundo.

Salarios de Profesionales en Nanotecnología (Mundiales)	
Puesto	**Salario USD $**
Socio	269,300
CTO/CSO (Director de Tecnología/ Director de Seguridad)	161,235
Presidente/CEO (Director General Ejecutivo)/Director Administrativo	155,736
Vicepresidente de Ingeniería/Investigación/Tecnología	141,616
Vicepresidente de Mercadotecnia/Ventas/Operaciones/Desarrollo de Negocios	134,423
CFO/CMO (Director de Finanzas; Director de Mercadotecnia)	119,408
Administrador o Director de Ingeniería/Investigación/Tecnología	101,752
Administrador o Director de Mercadotecnia/Ventas/Operaciones/Desarrollo de Negocios	89,885
Profesor/Director de Colegio o Universidad (vitalicio)	80,363
Profesor asistente/Director de Colegio o Universidad (no vitalicio)	70,318
Personal de Ventas o Negocios	70,065
Ingeniero/Investigador/Científico	67,863
Otros	65,645
Técnicos	46,486

Para verificar la declaración de que los empleados en nanotecnología están bien pagados, se hizo una comparación de los salarios de ingenieros y técnicos en EUA,

contra sus contrapartes en otras industrias/disciplinas[92]. Los resultados se muestran el las Tablas 2 y 3.

Cuadro A.e.2.- Comparación de salarios de ingenieros dedicados a la nanotecnología vs. otras industrias/disciplinas

Salarios de Ingenieros en EUA						
Industria/Disciplina	Número de Empleados	Porcentaje del total	Mediana del Salario por hora	Media del salario por hora	Media del salario anual	Percentil
Petróleo	510	0.06%	$52.31	$57.45	$119,490	96.39
Aeroespacio	7,510	0.87%	$43.32	$45.26	$94,150	91.24
Nanotecnología	ND	ND	ND	$45.22	**$94,056**	**86.09**
Nuclear	ND	ND	$44.57	$44.72	$93,010	80.94
Electrónica	8,630	1.00%	$40.31	$42.28	$87,940	75.79
Química	3,680	0.43%	$40.23	$42.26	$87,910	70.64
Cumputación/ Hardware	2,010	0.23%	$39.07	$41.00	$85,280	65.49
Eléctricidad	29,800	3.47%	$36.81	$38.98	$81,070	60.34
Mecánica	44,560	5.18%	$34.90	$36.87	$76,690	55.19
Salud	1,540	0.18%	$35.26	$36.68	$76,290	50.04
Biomedicina	390	0.05%	$38.08	$36.39	$75,680	44.89
Materiales	880	0.10%	$33.00	$36.37	$75,650	39.74
Civil	112,930	13.14%	$33.45	$35.65	$74,140	34.59
Industrial	8,360	0.97%	$33.71	$35.17	$73,160	29.44
Otros	11,150	1.30%	$33.45	$35.10	$73,010	24.29
Medio Ambiente	14,250	1.66%	$33.09	$34.71	$72,200	19.14
Agricultura	310	0.04%	$34.51	$34.32	$71,380	13.99
Marina	2,260	0.26%	$32.47	$33.27	$69,190	8.84
Minas	1,300	0.15%	$28.35	$32.05	$66,670	3.69

Los resultados de esta comparación muestran que los ingenieros dedicados a la nanotecnología se encuentran en la tercera posición más alta, solamente superados por los ingenieros petroleros y aeroespaciales. El percentil definido para esta categoría, significa que los salarios de los ingenieros en Nanotecnología superan al 86.09% del total de salarios de ingenieros en USA.

Con respecto a los técnicos en nanotecnología, éstos se encuentran en el percentil del 81.91%, solamente superados por los técnicos aeroespaciales.

[92] U.S. Department of Labor. Bureau of Labor Statistics http://www.bls.gov/oes/current/naics5_541330.htm#(2)

Cuadro A.e.3.- Comparación de salarios de técnicos dedicados a la nanotecnología vs. otras industrias/disciplinas

Salarios de Técnicos en USA						
Industria/Disciplina	Número de Empleados	Porcentaje del total	Mediana del Salario por hora	Media del salario por hora	Media del salario anual	Percentil
Aeroespacio	1,380	0.16%	$26.89	$27.75	$57,710	92.55
Nanotecnología	ND	ND	ND	$27.11	**$56,381**	**81.91**
Industrial	1,180	0.14%	$21.55	$24.59	$51,160	71.27
Eléctricidad/electrónica	13,110	1.53%	$23.23	$24.14	$50,200	60.63
Electro-mecánica	ND	ND	$25.07	$24.12	$50,170	49.99
Otros	5,000	0.58%	$21.83	$22.43	$46,650	39.35
Mecánica	10,200	1.19%	$21.38	$22.39	$46,570	28.71
Civil	37,970	4.42%	$19.80	$20.76	$43,170	18.07
Medio Ambiente	5,580	0.65%	$18.74	$19.89	$41,380	7.43

Conclusión

Este análisis demuestra que las posiciones dentro de la incipiente industria de la nanotecnología son bien apreciadas, lo cual puede constituir una buena motivación que impulse a que un mayor número de personas dirijan sus objetivos a emplearse en las empresas de base nanotecnológica y que las instituciones educativas diseñen e implementen programas en nanotecnología que den respuesta a la necesidad de formación de recursos humanos requeridos para hacer frente a la demanda.

f. Implicaciones Sociales, Medioambientales, Éticas, Laborales, de Salud y en materia de Regulación.

La investigación de la nanotecnología es actualmente llevada a cabo tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, sólo que los niveles de inversión, el acceso a infraestructura científica y la colaboración entre sectores varía de manera importante. Uno de los aspectos relacionados con la nanotecnología que a corto plazo inquietan a los gobiernos, instituciones y población de estos países, es el relacionado con la toxicidad hacia las personas y el medio ambiente.

Derivado de que la nanotecnología es un área novedosa dentro del desarrollo de la ciencia y la tecnología, no se han estudiado a fondo todas las implicaciones que pudiera tener en materia de salud y medio ambiente, tema en el cual se han identificado dos grandes preocupaciones: la peligrosidad de las nanopartículas y el riesgo a su exposición. La primera se refiere a los efectos biológicos y químicos de las nanopartículas en el cuerpo humano o en los ecosistemas naturales; la segunda se

refiere al efecto que la fuga, circulación y concentración de nanopartículas pudieran tener en los organismos o ecosistemas[93].

Los últimos descubrimientos relacionados con el comportamiento de las nanopartículas llevan a cambiar la pregunta original de si la nanotecnología es segura por otra que cuestione que se puede hacer para que la nanotecnología sea segura. Por medio de la cooperación y coordinación internacional, los científicos deben no solo anunciar el descubrimiento o la creación de una nanopartícula, sino también los requerimientos necesarios para que ésta sea tanto o más segura que otros materiales utilizados para el mismo propósito.

Los impactos ecológicos y al medio ambiente son también difíciles de definir derivado de la complejidad natural de los ciclos ecológicos y la imposibilidad de experimentación directa con el ambiente natural. Existe poco conocimiento acerca del peligro y los riesgos de exposición de las nanopartículas a la ecología.

En los países en vías de desarrollo, los riesgos asociados a la nanotecnología son mayores debido a que las reglas y regulaciones tienden a ser menos demandantes y rigurosas. A este respecto, Roco (2003) sugiere que a través de redes y de la acción responsable de los investigadores, los riesgos pueden ser superados y las fuerzas internacionales pueden ser armonizadas, sin embargo es claro que hay que revisar las legislaciones y se requieren estudios para conocer el impacto social de la nanotecnología[94].

Gobiernos, universidades y empresas alrededor del mundo están compitiendo para comercializar nanotecnologías y nanomateriales. Actualmente, cientos de productos contienen nanomateriales o son fabricados utilizando nanotecnologías. Al mismo tiempo, existen evidencias que indican que estos nuevos materiales contienen riesgos importantes para la salud, la seguridad y el medio ambiente y que pueden provocar profundos cambios en el campo social, económico y ético. A raíz de lo anterior, han surgido diversos grupos sociales en el mundo (como el Action Group on Erosion, Technology and Concentration ETC) que han realizado trabajos tendientes a puntualizar dichos riesgos, sus implicaciones y las acciones que deben ser tomadas en cuenta para el desarrollo confiable de la nanotecnología.

Un grupo de 45 organismos y asociaciones multidisciplinarias y multinacionales emitió en julio de 2007 una declaración titulada “Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials[95]” con el objeto de resaltar los aspectos clave que se deben tomar en cuenta por los gobiernos que promueven y apoyan el uso de la nanotecnología en el mundo. Los principios son:

1. Principio Precautorio.- El Principio Precautorio debe ser aplicado a las nanotecnologías dado que la investigación científica a la fecha sugiere que la exposición a algunos nanomateriales, nanodispositivos o productos de

[93] UNESCO; The Ethics and Politics of Nanotechnology, 2006
[94] Foladori / Invernizzi; Nanotechnology in its Socio-economic Context
[95] Ver organismos participantes en Anexo 1

nanobiotecnología puede resultar en serios daños a la salud humana y al medio ambiente.

2. Regulaciones Obligatorias Específicas para Nano.- La legislación actual desestima el uso de nanomateriales, pero debido a sus propiedades específicas y a los riesgos asociados, los nanomateriales deben ser clasificados como nuevas substancias para propósitos regulatorios y de evaluación.
3. Salud y Seguridad para el Público y los Trabajadores.- Para lograr una vigilancia adecuada y efectiva sobre los nanomateriales, se requiere hacer énfasis en prevenir las exposiciones a los nanomateriales que no han sido probados como seguros. Los trabajadores deberán estar involucrados en todos los aspectos de seguridad y salud relacionados con los nanomateriales.
4. Sustentabilidad del Medio Ambiente.- Es necesario establecer los efectos ambientales, de seguridad y de salud durante todo el ciclo de vida de los productos nanotecnológicos antes de proceder a su comercialización. El apoyo económico de los gobiernos para investigación de los efectos en medio ambiente, salud y seguridad debe de ser incrementado dramáticamente a la vez de que se defina un plan estratégico de investigación de riesgos.
5. Transparencia.- El derecho del público de conocer que productos adquiere y que riesgos representa, requiere que todos los productos que contengan nanomateriales estén etiquetados debidamente informando de la presencia de estos materiales.
6. Participación del Público.- El potencial que las nanotecnologías tienen para transformar los escenarios globales tanto sociales como económicos y políticos obliga a que el público participe activamente en los procesos deliberativos y de toma de decisiones. Estos procesos deben ser abiertos facilitando la participación por igual, de todas las partes involucradas.
7. Inclusión de Impactos Generales.- Adicionalmente a los riesgos mencionados, se debe tener presente que la comercialización de nanomateriales presenta otras inquietudes en el aspecto socio-económico como la afectación de los mercados de productos existentes con consecuencias potencialmente devastadoras para las economías de los países en vías de desarrollo. La distribución de fondos para realizar investigación en nanotecnología, debe ser guiada por el impacto social, las consideraciones éticas, la equidad, la justicia y las preferencias de la comunidad a la que pretende servir. Es necesario realizar más investigación sobre el impacto al medio ambiente, la salud y la seguridad de las nanotecnologías.
8. Responsabilidad de las empresas manufactureras.- Cualquiera que comercie nanoproductos, incluyendo desarrolladores de nanomateriales, usuarios comerciales, fabricantes de productos que contengan nanomateriales y distribuidores de estos productos al público, deben tener responsabilidad sobre los riesgos derivados de sus productos.

En resumen, se recomienda tomar acciones precautorias para salvaguardar la salud y seguridad pública y de los trabajadores; conservar nuestro ambiente natural; asegurar

la participación pública y permitir la viabilidad comercial a largo plazo. Se hace un llamado a los actores principales de la nanotecnología a que realicen acciones para implementar e incorporar los principios arriba mencionados para supervisar los procesos de nanotecnologías y nanomateriales.

Los signatarios de esta declaración se presentan a continuación:

- Acción Ecológica (Ecuador)
- African Centre for Biosafety
- American Federation of Labor and Congress of Industrial Organizations (U.S.)
- Bakery, Confectionery, Tobacco Workers and Grain Millers International Union
- Beyond Pesticides (U.S.)
- Biological Farmers of Australia
- Canadian Environmental Law Association
- Center for Biological Diversity (U.S.)
- Center for Community Action and Environmental Justice (U.S.)
- Center for Food Safety (U.S.)
- Center for Environmental Health (U.S.)
- Center for Genetics and Society (U.S.)
- Center for the Study of Responsive Law (U.S.)
- Clean Production Action (Canada)
- Ecological Club Eremurus (Russia)
- EcoNexus (United Kingdom)
- Edmonds Institute (U.S.)
- Environmental Research Foundation (U.S.)
- Essential Action (U.S.)
- ETC Group (Canada)
- Forum for Biotechnology and Food Security (India)
- Friends of the Earth Australia
- Friends of the Earth Europe
- Friends of the Earth United States
- GeneEthics (Australia)
- Greenpeace (U.S.)
- Health and Environment Alliance (Belgium)
- India Institute for Critical Action-Centre in Movement
- Institute for Agriculture and Trade Policy (U.S.)
- Institute for Sustainable Development (Ethiopia)
- International Center for Technology Assessment (U.S.)
- International Society of Doctors for the Environment (Austria)
- International Trade Union Confederation
- International Union of Food, Agricultural, Hotel, Restaurant, Catering, Tobacco and
- Allied Workers' Associations
- Loka Institute (U.S.)
- National Toxics Network (Australia)
- Public Employees for Environmental Responsibility (U.S.)
- Science and Environmental Health Network (U.S.)
- Silicon Valley Toxics Coalition (U.S.)
- Tebtebba Foundation - Indigenous Peoples' International Centre for Policy Research and Education (Philippines)
- The Soils Association (United Kingdom)
- Third World Network (China)
- United Steelworkers (U.S.)
- Vivagora (France)

Se presentan asimismo las acciones que con respecto a las implicaciones sociales, medioambientales, éticas, laborales, de salud y en materia de regulación están

tomando los principales bloques económicos que son líderes en la investigación, el desarrollo y la innovación de la nanotecnología.

Dado que la nanotecnología cubre una amplia variedad de aplicaciones, no puede haber solo un tipo de implicaciones sociales ni una sola política que promueva o regule su desarrollo. En uno de los esfuerzos más representativos que se han llevado a cabo en Estados Unidos para analizar las implicaciones sociales de la nanotecnología, convocado por la Fundación Nacional de Ciencia (NSF)[96], se analizaron 10 áreas temáticas sobre las cuales se vierten una serie de recomendaciones:

1. Productividad y Equidad
2. Escenarios Económicos Futuros
3. Calidad de Vida
4. Escenarios Sociales Futuros
5. Tecnologías Convergentes
6. Seguridad Nacional y Exploración Espacial
7. Ética, Gobierno, Riesgo e Incertidumbre
8. Política Pública, Aspectos Legales e Internacionales
9. Interacción con el Público
10. Educación y Desarrollo de Recursos Humanos

Las principales recomendaciones surgidas de este foro para ser adoptadas por la NNI son:

- Difundir a través de organizaciones prestigiadas la diversidad de métodos y principios de la nanotecnología así como sus beneficios e incertidumbres a corto y mediano plazo, con el objeto de lograr la confianza del público y su participación en las discusiones de la política pública en nanotecnología.
- La investigación deberá:
  - Estar basada en propuestas revisadas que reflejen la amplitud de las aplicaciones potenciales de la ciencia y la ingeniería de la nanoescala.
  - Estar soportada para desarrollar varios modelos de interacción pública para establecer métodos adecuados para educar, comunicar e involucrar a diversos públicos acerca de la nanotecnología.
  - Incorporar el compromiso progresivo del público en las deliberaciones sobre nanotecnología que asegure el intercambio entre científicos y público en general.
- El Gobierno deberá:
  - Revisar la investigación dirigida al entendimiento de la salud humana y a las consecuencias ambientales de los nanomateriales y apoyar en lo necesario para investigar en aquellas áreas donde sea necesaria mayor información.

[96] M.C. Roco W.S. Bainbridge; Nanotechnology: Social Implications (2003)

  - Revisar la pertinencia de las regulaciones actuales para nanomateriales dada la existencia de propiedades dependientes del tamaño de partículas
  - Desarrollar una estrategia de comunicación que mantenga al público informado de los desarrollos de esta nueva tecnología.

- El gobierno y el sector privado deben evaluar las implicaciones potenciales y los escenarios del desarrollo de esta nueva tecnología y comunicar esas evaluaciones a los responsables de las políticas y al público para conocer su reacción.
- Realizar un cuidadoso y riguroso análisis de la suficiencia de los niveles actuales de financiamiento de la NNI y de las prioridades de inversión a futuro para optimizar el beneficio social.
- Las iniciativas de educación en nanotecnología deben estar dirigidas a apoyar a estudiantes de licenciatura y post doctorados a través de entrenamiento multidisciplinario cruzado con modelos de colaboración entre científicos físicos y biológicos, sociales y humanistas integrando a las ciencias sociales y a la investigación técnica.
- Para cumplir con las necesidades de trabajo actuales y a corto plazo, el gobierno debe apoyar la implementación de programas de entrenamiento para actualizar a científicos e ingenieros subutilizados, con habilidades relacionadas con la nanotecnología.
- Se deben incrementar las capacidades y el financiamiento para realizar estudios de ciencia y tecnología en los contextos educativo, industrial y del público en general. El desarrollo de la fuerza de trabajo deberá llevarse a través de todo el espectro de roles de trabajo, no solo a nivel de científicos investigadores.
- Es necesaria una aproximación programática para incrementar la sinergia en el desarrollo de la nanotecnología creando alianzas en los procesos de investigación y desarrollo entre industria, academia, laboratorios nacionales y agencias de financiamiento así como con las organizaciones internacionales correspondientes.

En la evaluación del desarrollo de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI) correspondiente a 2006, el Comité de Revisión de la NNI realizó la siguiente recomendación relacionada con el desarrollo responsable de las nanotecnologías[97]:

Para asegurar el desarrollo responsable de la nanotecnología, el comité recomienda que la investigación de los efectos de la nanotecnología en el medio ambiente, la salud y la seguridad sea expandida. Evaluar los efectos de los nanomateriales en la salud pública y en el medio ambiente requiere que la investigación relacionada sea bien definida y que sean desarrollados y aplicados métodos efectivos para (1) estimar la exposición de personas, animales y otros receptores ecológicos a los materiales; (2) evaluar los efectos en la salud humana y en los ecosistemas de la exposición ocupacional y ambiental; y (3) caracterizar, evaluar y manejar los riesgos asociados con la exposición.

[97] Committee for Review the NNI; A Matter of Size: trienal Review of the NNI (2006)

El plan estratégico vigente de la NNI contempla cuatro objetivos fundamentales para lograr su visión[98]:

1. Mantener un programa de clase mundial para la investigación y desarrollo que permita desarrollar el potencial de la nanotecnología;
2. Facilitar la transferencia de nuevas tecnologías en productos para crecimiento económico, empleos y otros beneficios públicos;
3. Desarrollar recursos educativos, fuerza de trabajo capacitada e infraestructura de soporte para el avance de la nanotecnología; y
4. Apoyar el desarrollo responsable de la nanotecnología.

Para lograr el cumplimiento del cuarto objetivo, la NNI organiza y conduce mesas de trabajo con participación pública donde son analizadas las necesidades ambientales, de salud y de investigación segura para el desarrollo de materiales a nanoescala, así como los aspectos éticos de la nanotecnología. Para apoyar estas actividades, el gobierno de los Estados Unidos dedicó más de 120 millones de dólares en el período 2005 - 2007 y dentro del presupuesto 2008 tiene destinados 97.5 millones de dólares para este concepto[99].

Por otra parte, la Unión Europea a través de la Comisión de las Comunidades Europeas emitió en 2005 una serie de recomendaciones a los países miembros respecto a los usos y aplicaciones de la nanociencia y la nanotecnología relacionadas con los aspectos de (1) integración de la dimensión social y (2) la salud pública, seguridad y protección ambiental y de los consumidores[100].

1. Integrar la Dimensión Social: Responder a las expectativas y preocupaciones.

   La Comisión desea fomentar el desarrollo de una sociedad en la que el público, los científicos, la industria, los operadores financieros y los dirigentes políticos se sientan seguros al abordar cuestiones relacionadas con la nanociencia y la nanotecnología. Garantizará que la investigación y desarrollo financiada por la Comunidad en el ámbito de las nanociencias y nanotecnologías se desarrolle de manera responsable y financiará estudios y actividades de prospectiva de escenarios futuros en este ámbito de manera que proporcionen la información necesaria sobre los posibles riesgos y eventuales repercusiones para la sociedad.

2. Salud Pública, Seguridad y Protección Ambiental y de los Consumidores.

   Todos los usos y aplicaciones de las nanociencias y nanotecnologías deben satisfacer el nivel elevado de protección de la población, la salud, la seguridad, los consumidores y los trabajadores, así como el medio ambiente a que aspira la Comunidad. La Comisión identificará y abordará los problemas de seguridad relacionados con las aplicaciones y usos de la nanotecnología, promoverá

[98] The Nacional Nanotechnology Initiative; Research and Development Leading to a Revolution in Technology and Industry. Supplement to the President's 2008 Budget
[99] Ídem
[100] European Commission; Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009

medidas seguras y rentables para minimizar la exposición de los trabajadores, los consumidores y el medio ambiente a productos fabricados a nanoescala.
La comisión desarrollará con los Estados miembros, las organizaciones internacionales, las agencias europeas, la industria y otras partes interesadas, la terminología, orientaciones, modelos y normas para la determinación del riesgo a lo largo del ciclo de vida de los productos nanotecnológicos. Igualmente, examinará y, si procede, propondrá adaptaciones de los reglamentos de la Unión Europea en los sectores pertinentes.

Otro aspecto que vale la pena resaltar es la resolución que la Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación, Agrícolas, Hoteles, Restaurantes, Tabaco y Afines (UITA)[101] emitió en su 25º Congreso respecto a la nanotecnología. En esta resolución, indica que la sociedad civil y los movimientos sociales deben emprender un debate amplio sobre la nanotecnología y sus implicaciones sociales, económicas, ambientales y en la salud. Asimismo:

- Insta a sus organizaciones afiliadas a discutir con el resto de la sociedad y los gobiernos las posibles consecuencias de la nanotecnología, que se aplique el Principio Precautorio prohibiendo la comercialización de alimentos, bebidas y forrajes que incorporen nanotecnología hasta que se demuestre que son seguros y se apruebe un régimen regulatorio internacional.
- Exige que las oficinas de patentes nacionales e internacionales suspendan el otorgamiento de patentes en las cuales se usa nanotecnología en la industria de la alimentación y la agricultura hasta que se hayan evaluado los efectos sociales y ambientales.
- Solicita a la Organización Mundial de Salud (OMS) y a la Organización Internacional del Trabajo (OIT) estudios urgentes para evaluar los riesgos en la salud de los trabajadores, usuarios y consumidores de productos relacionados con nanotecnología.

Para concluir, en términos socio-económicos y desde una perspectiva que ve la nanotecnología en sociedad, pueden visualizarse dos grandes implicaciones[102]. La primera tiene que ver con un importante aumento de la productividad en las ramas que apliquen nanotecnologías, lo cual implica el riesgo de hacer desventajosa la competencia para aquellos países y sectores más atrasados tecnológicamente y cuyas exportaciones se basan en materias primas o en los bajos costos de su fuerza de trabajo.

La segunda implicación social tiene que ver con los procesos de monopolio, garantizados por el sistema de patentes y comandado por las grandes corporaciones transnacionales que se apropian rápidamente del conocimiento científico y técnico desarrollado en instituciones públicas con fondos públicos. Esto puede llevar a una aún

[101] UITA 25º Congreso Ginebra, Suiza Marzo 2007
[102] Guillermo Foladori – Noela Invernizzi; Nanotecnología: beneficios para todos o mayor desigualdad 2005

mayor concentración de la riqueza, con los consecuentes perjuicios para las grandes mayorías de la población mundial.

En base al análisis anterior, se considera que en México tenemos una oportunidad importante para que al mismo tiempo que se establezcan los mecanismos y políticas necesarios para la incorporación de la nanotecnología al desarrollo de la ciencia y la tecnología en el país, se tomen en cuenta las implicaciones sociales derivadas tanto de la investigación y desarrollo de esta especialidad, como de la fabricación, uso y disposición final de materiales que contengan nanopartículas.

g. Actividades de cooperación y fuentes de financiamiento para el fomento y desarrollo de la nanotecnología

Un factor importante para el fomento de la investigación y desarrollo en cualquier área del conocimiento es el financiamiento, por lo que a continuación se presentan las fuentes de financiamiento más importantes que operan a nivel internacional y que pudieran constituirse en opción de fondeo válida para el desarrollo de la nanotecnología en México.

La primera es el Servicio Comunitario de información sobre investigación y desarrollo, CORDIS, (por sus siglas en ingles Community Research and Development Information Service), que brinda una oportunidad de financiamiento con la Unión Europea en materia de nanotecnología. De igual manera el Banco Interamericano de Desarrollo que apoya a los proyectos que tengan un impacto positivo en la economía y sociedad de los países miembros y el Banco Mundial el cual otorga financiamiento controlando aspectos de inversiones, desarrollo institucional y políticas públicas de aproximadamente 150 naciones.

Community Research and Development Information Service (CORDIS)

El FP7 es el Séptimo Programa Marco que está diseñado para apoyar a participantes muy diversos y a casi todos los países. Es el programa vigente por parte de la Unión Europea para llevar a cabo actividades de cooperación financiada en materia de nanotecnología. Los primeros llamados para registrar propuestas se publicaron en diciembre del 2006.

El Sexto Programa Marco FP6 apoyó con más de 1.3 billones de euros en más de 550 proyectos. Para el Séptimo Programa se espera duplicar los recursos.

Las actividades de cooperación y financiamiento se registran bajo los temas:

- NMP Theme: Propuestas relacionadas con nanotecnología y nanomateriales
- ICT Theme: Propuestas principalmente relacionadas con nanoelectrónica
- HEALTH Theme: Propuestas principalmente relacionadas con nanomedicina
- ENERGY Theme: Propuestas principalmente relacionadas con soluciones nanotecnológicas para energía

- KBBE Theme: Propuestas principalmente relacionadas con nanotecnología en alimentos y agricultura
- Transport Theme: Las propuestas están relacionadas con los nanomateriales para el transporte, incluyendo aeronáutica
- Acciones Marie Curie (Programa de personas) y el
- Consejo Europeo de Investigación: Abierto para investigadores en todas las áreas de investigación, incluyendo la nanotecnología.

También existen otros temas como nanoinfraestructura y nanociencia.

La Unión Europea mantiene diversos programas de Cooperación Internacional con diferentes países, en tanto estiman que la cooperación es esencial para el desarrollo de la nanotecnología, donde los retos científicos y tecnológicos son mayores si no se unen esfuerzos. La colaboración internacional permite llegar a los objetivos de la investigación más rápidamente.

La colaboración internacional se requiere entre economías industrialmente avanzadas y aquellas que están en desarrollo, para facilitar así el acceso al conocimiento ya adquirido. En este tenor, la cooperación y el diálogo internacional son actividades importantes promovidas por la Estrategia Europea y el Plan de Acción en nanotecnología.

La cooperación internacional vigente con países específicos es la siguiente:

África

- Colaboración con África en investigación sobre el agua
- Cooperación con Sudáfrica
- Cooperación con Egipto

Asia

- Una red de trabajo de los investigadores europeos en Japón
- Cooperación con la India
- Cooperación con China

Australia

- Cooperación con Australia

América del Norte

- Cooperación con los Estados Unidos
- Cooperación con Canadá

Europa del Este (Países no miembros de la Unión Europea)

- Cooperación con Rusia

América Latina

- Cooperación con Argentina
- Cooperación con Chile
- Cooperación con México

En particular, con América Latina existe una acción específica de apoyo para un Nanoforo entre la Unión Europea y Latinoamérica (llamado NANOFORUMEULA) financiada por la Unión Europea (FP6, NMP). El proyecto tiene el propósito de fomentar relaciones duraderas entre las organizaciones europeas que realizan investigación científica en nanotecnología y sus homólogos en América Latina.

La UE apoyará económicamente veinte visitas de intercambio para investigadores latinoamericanos para que realicen estancias en cuatro organizaciones europeas de investigación especializadas en nanotecnología. También se organizarán dos talleres y después se formarán comités de investigación en México y en Brasil de tal manera que permita a los investigadores y a los industriales Europeos identificar oportunidades para establecer relaciones estrechas de trabajo.

Existe asimismo la posibilidad de establecer convenios o acuerdos bilaterales para aspectos específicos al amparo de NANOFORUMEULA, como es el caso del recién acordado fondo para la realización conjunta de proyectos de investigación en el tema de nanotecnología, a través de una convocatoria que para tal efecto se publicará a finales del año o principios del siguiente y para lo cual aportaron a partes iguales México a través del CONACYT y la Unión Europea a través de este fondo.

Argentina

El acuerdo de cooperación en ciencia y tecnología entre UE-Argentina tiene el propósito de fortalecer la cooperación bilateral en nanotecnología.

Chile

Philippe Busquin, el Comisionado para investigación por parte de la UE y Soledad Alvear, el Ministro Chileno de Relaciones Exteriores firmaron el 23 de septiembre de 2002, un acuerdo de cooperación científica y tecnológica.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Otra Posibilidad de financiamiento para la nanotecnología la podemos encontrar en el BID.

A medida que los gobiernos de América Latina y el Caribe procuran que las economías de la región sean más eficientes y competitivas en la economía global, el BID ha

fomentado y respaldado reformas de gran alcance, dependiendo cada vez más del sector privado para que éste proporcione los servicios de infraestructura requeridos para apoyar el crecimiento económico nacional.

El Departamento de Financiamiento Estructurado y Corporativo (SCF) es responsable de las operaciones de financiamiento del BID en proyectos privados de infraestructura de varios sectores, así como de los proyectos destinados a desarrollar y fortalecer los mercados locales de capital. El Departamento también promueve el desarrollo del comercio internacional y la integración regional mediante la implementación de un programa de facilitación del financiamiento para el comercio en apoyo de empresas privadas de la región.

Adicionalmente, el BID también puede otorgar financiamiento a entidades sub-nacionales, incluyendo aquellas de carácter territorial como municipalidades, departamentos y provincias, así como empresas comerciales del estado o de capital mixto, siempre y cuando no se beneficien de garantías soberanas.

En cada uno de estas áreas, el Banco trabaja en asociación con bancos comerciales, inversionistas institucionales y otros co-prestatarios para brindar a empresas del sector privado el financiamiento que requieren, para satisfacer la creciente demanda de soluciones financieras. Es por ello, que el BID está constantemente en búsqueda de nuevas y mejores opciones a desarrollar para ofrecer el financiamiento a la medida que requiere el sector privado interesado en invertir en nuestros países miembros. **Anexo Mecanismo para Acceder a los Fondos de Financiamiento BID.**

Banco Mundial (BM)

Por medio de sus diferentes organismos, el Banco Mundial maneja cuatro tipos distintos de préstamos, controlando aspectos de inversiones, desarrollo institucional y políticas públicas de aproximadamente 150 naciones.

- **Préstamos para proyectos:** este tipo de préstamos se otorga para desarrollar un proyecto en específico como carreteras, proyectos pesqueros, infraestructura en general.

- **Préstamos sectoriales, vía BIRF (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento**) **y AIF (Asociación Internacional de Fomento):** estos préstamos gobiernan todo un sector de la economía de un país, es decir, energía, agricultura, etcétera. Éstos conllevan condiciones que determinan las políticas y prioridades nacionales para dicho sector.

- **Préstamos Institucionales:** éstos sirven para la reorganización de instituciones gubernamentales con el fin de orientar sus políticas hacia el libre comercio y obtener el acceso sin restricciones, de las empresas transnacionales (ETN), a los mercados y regiones. Por otra parte sirven para cambiar las estructuras gubernamentales sin aprobación parlamentaria, bajo las directrices del Banco.

- **Préstamos de ajuste estructural:** este tipo de préstamos, fue creado teóricamente para aliviar la crisis de la deuda externa con el fin de convertir los recursos económicos nacionales en producción para la exportación y fomentar la entrada de las empresas transnacionales en economías restringidas. Los países del sur han experimentado estos ajustes y las consecuentes medidas de austeridad.

En el año 1993 el BIRF marcaba como sus mayores prestatarios por orden descendente a: México, India, Brasil, Indonesia, Turquía, China, Filipinas, Argentina, Corea, Colombia, Marruecos y Nigeria. Los préstamos del BIRF se negocian de forma individual, incluyen un periodo de cinco años sin necesidad de amortización; después los gobiernos prestatarios disponen de un plazo de 15 a 20 años para amortizar la deuda a los tipos de interés del mercado. El Banco nunca reestructura la deuda ni cancela un préstamo. Por su influencia en fuentes públicas y privadas el Banco figura en los primeros lugares de acreedores de sus clientes.

Proyectos activos que reciben préstamos del Banco Mundial:

- Proyecto en Apoyo al Programa Escuelas de Calidad
- Proyecto de Servicios Ambientales
- Proyecto de Asistencia al Estudiante en Educación Terciaria
- Programa de Asistencia Técnica para el Sector de Desarrollo Urbano y Vivienda
- Proyecto Desarrollo Institucional para la Administración Tributaria
- Proyecto Modernización del Poder Judicial
- Proyecto Conservación y Manejo Sustentable de los Recursos Forestales de México
- Proyecto Modernización Integral de Riego
- Programa Fondo de Tierras y Joven Emprendedor Rural
- Proyecto de Asistencia Técnica para la Modernización del Sector de Agua y Saneamiento
- Tercer Programa para Abatir el Rezago en la Educación Inicial y Básica
- Programa de Fortalecimiento al Ahorro y Crédito Popular y Microfinanzas Rurales
- Proyecto Segunda Fase de Ahorro y Financiamiento Rural (Bansefi)
- Programa de Innovación para la Competitividad
- Programa de Calidad, Equidad y Desarrollo en Salud (PROCEDES)
- Programa de Financiamiento de Estrategias Sectoriales Integrales

Proyectos activos que reciben donaciones administradas por el Banco Mundial:

- Proyecto de Desarrollo a gran Escala de Fuentes de Energía Renovable
- Proyecto de Ordenación de Desechos y Compensación de Carbono
- Proyecto Térmico-solar Agua Prieta II

- Proyecto Conservación de la Biodiversidad en Comunidades Indígenas de los Estados de Oaxaca, Michoacán y Guerrero
- Proyecto Consolidación del Sistema de Áreas Protegidas II
- Proyecto Introducción de Medidas de Cambio Climático en el Sector de Transporte de la Zona Metropolitana
- Proyecto Corredor Biológico Mesoamericano
- Proyecto para la Reducción de Contaminantes Locales y Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Provenientes del Transporte en la Zona Metropolitana del Valle de México

B. México

En México no hay todavía un plan, programa o iniciativa nacional en nanotecnología, a pesar de que desde el 2002, la investigación en nanotecnología pasa a ser reconocida como un área de investigación estratégica. El Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001- 2006, considera la nanotecnología como un área estratégica de los materiales avanzados, señalando la necesidad de contar con un Programa Nacional de Nanotecnología, y de sostener una red de intercambio científico en el área. El Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 también coloca a la nanotecnología como una de las áreas estratégicas de desarrollo del sector energético, relacionándolo particularmente con el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Sin embargo, el Programa Especial no incluyó una mecánica de operación ni un presupuesto para lograrlo, quitándole efectividad.

El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 considera a la nanotecnología, mecatrónica y biotecnología como sectores estratégicos, según se establece en el **Eje 2**. Economía competitiva y generadora de empleo, **Objetivo 5**. Potenciar la productividad y competitividad de la economía mexicana para lograr un crecimiento económico sostenido y acelerar la creación de empleos, **Estrategia 5.2. "**Diseñar agendas sectoriales para la competitividad de los sectores económicos de alto valor agregado y contenido tecnológico, y de **sectores precursores**, así como la reconversión de sectores tradicionales, a fin de generar empleos mejor remunerados".

Se denomina a la biotecnología, la mecatrónica y la nanotecnología como tecnologías precursoras porque tienen una fuerte incidencia sobre el desarrollo de muchas actividades productivas, y porque se prevé que en el futuro su utilización será determinante para el desarrollo de muchas ramas de los sectores agropecuario, industrial y de servicios; y por lo tanto para la productividad y competitividad del país.

El CONACYT apoyó entre 1998 y 2004 a 152 proyectos de investigación relacionados con la nanotecnología, que involucran a 58 instituciones de investigación, habiéndose erogado en ese periodo alrededor de 14.4 millones de dólares distribuidos en un 53% para el área de materiales, 14 % a Química, 14% a Electrónica, 12% a Física y 7% a otros. Hacia finales del 2006, el CONACYT emitió dos convocatorias, la primera enfocada a apoyar la creación de laboratorios nacionales y la segunda para la elaboración de megaproyectos en áreas estratégicas, considerando a la

nanotecnología en ambas. En el primer caso se apoyó a dos centros CONACYT[103] para la instalación de dos laboratorios nacionales de nanotecnología, con $20 millones de pesos a cada uno y en el segundo, a 5 instituciones[104] con $100 mil pesos en cada caso para la elaboración de la propuesta.

La ausencia de una iniciativa nacional en México indujo a los diferentes centros de investigación a la búsqueda particular de convenios de cooperación internacional, así como a su participación en redes de investigación de carácter nacional y mundial. Entre las redes que han sido formadas o participan investigadores en México se encuentran:

1. **Red Internacional de Nanociencia y Nanotecnología (Red INN)**, en la que participan investigadores de las siguientes instituciones:), Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Universidad Iberoamericana (IBERO), Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía (INNN) y la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (IPN), los cuales se centran en el estudio, investigación y aplicación de nanoestructuras.

2. **Red de Grupos de Investigación en Nanociencia y Nanotecnología (Red Regina),** en la que participan diferentes grupos de investigadores de la UNAM en el tema de Nanociencia, con el fin de generar proyectos interdisciplinarios y optimizar el uso de equipo experimental y sistemas de cómputo.

3. **Red Nacional de Nanociencia y Nanotecnología**, en la que participan investigadores y grupos de diversas instituciones del país y del extranjero, como el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), Instituto de Investigación en Comunicación Óptica (IICO), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV-IPN), Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados (CIMAV), Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA-IPN), Centro de Ciencias de la Materia Condensada (CCMC-UNAM), Universidad Autónoma de S.L.P., Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), Instituto de Microelectrónica de Madrid (IMM) y Universidad Autónoma de Madrid (UAM), interesados en investigar, aportar y dar a conocer el quehacer científico en el área de nuevos materiales.

Asimismo, hay participación en redes internacionales, como:

1. **NANOFORUMEULA:** Red entre Europa y Latinoamérica, impulsada y patrocinada por la Unión Europea, con el propósito de fomentar relaciones duraderas entre las organizaciones europeas que realizan investigación científica en nanotecnología y sus homólogos en América Latina.

[103] CIMAV e IPICYT
[104] INAOE, CIMAV, IPICYT, UNAM e ININ

2. **Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLANS),** tiene como propósito dialogar sobre el papel de las nanotecnologías y crear un foro de discusión e intercambio de información que de seguimiento al proceso de desarrollo de las nanotecnologías en América Latina.

En este sentido, conviene hacer notar por su relevancia, el convenio Universidad Estatal de Arizona / CIMAV-CONACYT para formar un Cluster de Innovación en Nanotecnología en América del Norte y que cuenta con un fondo a partes iguales de 16 millones de dólares en 5 años; convenios con UT-Austin y SUNY-Albany / CONACYT, cada uno por 250 mil dólares y el fondo a partes iguales por 20 millones de euros, establecido con la Unión Europea a través del Séptimo Programa Marco de aquella Región.

El antecedente de este último apoyo, anunciado a principios de 2008, se encuentra en la realización en México del "NanoforumEULA fact finding mission August 2007" del 24 al 30 de agosto de 2007, organizado en México por el IPICYT[105]. El evento se llevó a cabo en 4 ciudades sede: Saltillo, León, San Luís Potosí y Cd. de México, contando con una asistencia global de 225 participantes, así como 13 conferencistas europeos, 60 mexicanos y 14 conferencistas de la industria.

El propósito de dichas reuniones fue promover relaciones de colaboración y trabajo entre las organizaciones e industrias europeas que realizan investigación científica en nanotecnología y sus homólogos en México, permitiendo al mismo tiempo a los expertos europeos, obtener una idea de la infraestructura disponible, la información sobre la propiedad intelectual, la política de investigación y el potencial de México para abordar los mercados basados en nanotecnología, así como fincar las bases para la elaboración de un plan de acción que impulse la colaboración entre México y la Unión Europea.

Por otra parte, en el panorama nacional se observa en términos generales que los recursos y esfuerzos dedicados a la nanotecnología son aislados y dispersos, por lo que no obstante la presencia de varios grupos de investigación y desarrollo de alto nivel e incluso con reconocimiento internacional, los resultados son marginales con impacto prácticamente nulo. En este sentido, es importante hacer notar la escasa vinculación academia-empresa, que permita a esta última la apropiación del conocimiento generado en la academia y la mejora en procesos y productos para su inserción en el mercado mundial.

La capacitación de los recursos humanos destinados a trabajar con tecnologías precursoras debe considerar que no existe una única área de investigación que resuelve la problemática tecnológica. Actualmente se requiere la unión de disciplinas complementarias que en algunos casos son completamente distintas, formando grupos multidisciplinarios. Estos grupos deben atacar dificultades técnicas, pero también deben considerar que las nuevas tecnologías tienen efectos importantes para la sociedad, la economía, la salud y otros que se encuentran alrededor de su ejecución.

[105] Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

Los recursos humanos destinados al desarrollo de estas tecnologías deben tener la capacidad de formar redes de vinculación entre distintos sectores, no sólo considerando en el ámbito tecnológico donde distintas áreas de la ciencia convergen, sino también en el ámbito empresarial y gubernamental y deben tener la disposición de construir sistemas de trabajo para resolver problemas altamente complejos.

En este sentido, cabe mencionar que en México no existen programas oficiales de investigación de los posibles impactos sociales, económicos, riesgos ambientales o para la salud, o implicaciones éticas relacionados con la nanotecnología. De hecho, en el país han pasado prácticamente inadvertidas las controversias y movimientos internacionales organizados para indicar a la sociedad civil, tanto de las ventajas como de los posibles efectos negativos de la nanotecnología.

Un tema que por su trascendencia merece ser objeto de atención especial, es la aplicación de la nanotecnología en la generación de energía de fuentes alternas no contaminantes. Las necesidades energéticas actuales de México son satisfechas en un 95 % por combustibles fósiles, la mayoría derivados del petróleo y del carbón mineral, cuyas reservas se están reduciendo drásticamente y además, su uso en las condiciones actuales contribuye en gran medida al deterioro ambiental. Así, es preciso poner especial énfasis en el desarrollo de materiales y dispositivos relacionados con la generación de energía eléctrica y térmica solar a través de principios fototérmicos y fotovoltaicos, así como en las celdas de combustible, cuya característica es la transformación de la energía química del hidrógeno, directamente en energía eléctrica, con una eficiencia de conversión de hasta el 80%.

Finalmente, destaca el esfuerzo realizado a través de medios de comunicación masiva y foros diversos, de algunos investigadores y científicos mexicanos, quienes han manifestado un decidido apoyo al impulso de la nanociencia y la nanotecnología y coinciden al afirmar que su avance representaría para el país la oportunidad de mejorar su competitividad y desarrollo socioeconómico, concordando en que México aún está a tiempo de participar y hacer aportaciones en esta nueva actividad científica, considerando que se cuenta con las condiciones básicas requeridas para ello.

a. Sector Académico

i. Inventario de capacidades en infraestructura de investigación y desarrollo de recursos humanos capacitados y de formación de recursos humanos

Se identificaron 56 instituciones que en el ámbito nacional desarrollan actividades de investigación y/o docencia relacionadas con nanotecnología. La información obtenida contempla equipamiento, líneas de investigación, formación de recursos humanos y proyectos.

Los datos fueron obtenidos de manera directa a través del envío de formatos diseñados para la recabación de la información requerida, así como de fuentes secundarias, en los portales de Internet de las instituciones.

Las instituciones son:

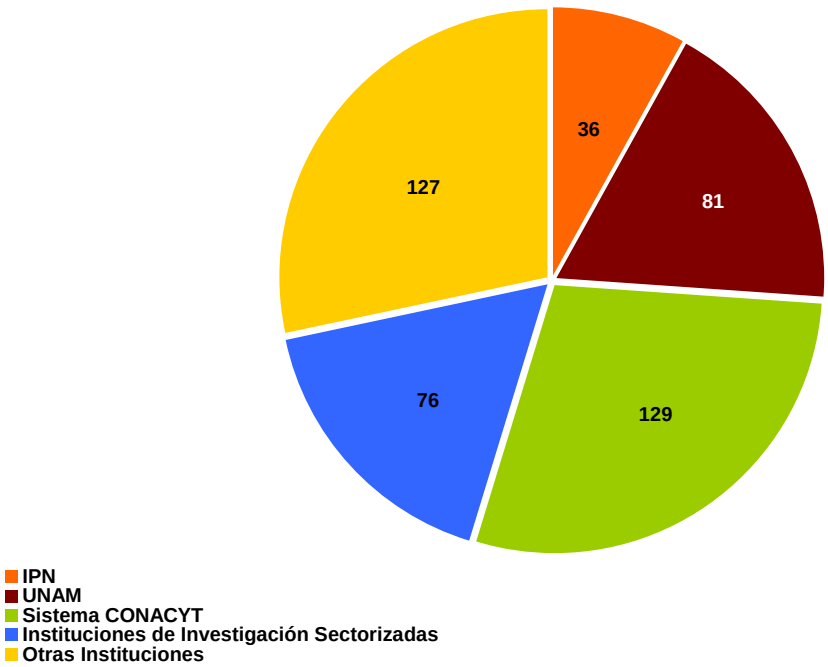
1. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) México
2. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) Mérida
3. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) Querétaro
4. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) Saltillo
5. Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CIITEC) del Instituto Politécnico Nacional (IPN)
6. Escuela Superior de Física y Matemáticas (IPN)
7. Instituto de Física (UNAM)
8. Instituto de Química (IQ) UNAM
9. Centro de Investigación en Energía (CIE) UNAM
10. Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM)UNAM
11. Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA)UNAM
12. Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) UNAM
13. Facultad de Ciencias (FC) UNAM
14. Centro de Ciencias de la Materia Condensada (CCMC) UNAM
15. Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)
16. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ)
17. Centro Nacional de Metrología (CENAM)
18. Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. (CIMAV)
19. Centro Investigación en Química Aplicada (CIQA)
20. Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)
21. Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC)
22. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. (CICY)
23. Centro de Investigacion Cientifica y de Educacion Superior de Ensenada (CICESE)
24. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD)
25. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Edo. de Jalisco, A.C. (CIATEJ)
26. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)
27. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ)
28. Centro de Investigaciones en Óptica, A.C. (CIO)
29. Centro de Tecnología Avanzada, Querétaro (CIATEQ, A.C.)
30. Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V.(COMIMSA)
31. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. (IPICYT)
32. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)
33. Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH)

34. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ)
35. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
36. Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP)
37. Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
38. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH)
39. Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-Azcapotzalco
40. Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-Iztapalapa
41. Universidad de Guadalajara (UDG)
42. Universidad de Guanajuato (UG)
43. Universidad de Sonora (UNISON)
44. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)
45. Universidad Veracruzana. Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología (UV/MICRONA)
46. Instituto Tecnológico de Celaya (ITC)
47. Instituto Tecnológico de Saltillo (ITS)
48. Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH)
49. Instituto Tecnológico de Querétaro (ITQ)
50. Universidad de Monterrey (UDEM)
51. Universidad de las Américas Puebla (UDLA)
52. Universidad Anáhuac México Sur (UAMS)
53. Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM)
54. Universidad Politécnica de Chiapas (IPCH)
55. Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ)
56. Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ)

Recursos Humanos Disponibles

Se identificaron 449 investigadores relacionados con la temática, de los cuales el 18% forma parte de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el 8% al Instituto Politécnico Nacional (IPN), un 29% se encuentra adscrito a Centros Públicos CONACYT y entre las instituciones de investigación sectorizadas, se encuentra el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) con un 15% del total. El 30% restante, se distribuye en otras 20 instituciones ubicadas en distintos estados del país. **Anexo Recursos Humanos.**

Gráfica B.a.i.1.- Investigadores por Institución



A continuación se presenta el número de investigadores por Institución.

Cuadro B.a.i. 1.- Investigadores del Instituto Politécnico Nacional

Institución	Investigadores
CIITEC-IPN	10
CINVESTAV- Querétaro	7
CINVESTAV- México	6
ESFM-IPN	6
CINVESTAV- Mérida	5
CINVESTAV- Saltillo	2

Cuadro B.a.i. 2.- Investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Institución	Investigadores
IIM-UNAM	27
CFATA-UNAM	13
CIE-UNAM	11
IF -UNAM	9
CCMC-UNAM	9
CCADET-UNAM	6
IQ-UNAM	3
FC-UNAM	3

Cuadro B.a.i. 3.- Investigadores de Instituciones Públicas del Sistema CONACYT

Institución	Investigadores
CIQA	30
CIDESI	13
CIMAV	13
CIAD	11
CIDETEQ	10
IPICYT	10
COMIMSA	9
CIBNOR	8
CIATEC	5
CICY	5
CICESE	5
CIATEQ, A.C.	5
CIO	4
CIATEJ	1

Cuadro B.a.i. 4.- Investigadores de Instituciones de Investigación Sectorizadas

Institución	Investigadores
IMP	67
ININ	9
CENAM	8

Cuadro B.a.i. 5.- Investigadores del Otras Instituciones

Institución	Investigadores
UAM-Iztapalapa	19
BUAP	15
UASLP	14
UANL	11
ITC	11
UG	9
UNISON	8
UACJ	6
UAM-Azcapotzalco	5
UV/MICRONA	5
UACH	4
ITZ	3
UDG	2
IPCH	2
UADY	1
UAEH	1
UMSNH	1
ITS	1
UAZ	1

Con respecto al personal técnico académico con actividades de nanotecnología, los resultados muestran una baja participación en la temática, ya que sólo se identificaron 101 técnicos.

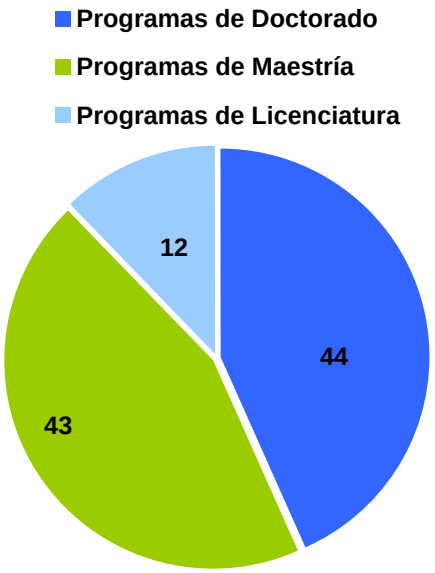
Cuadro B.a.i. 6 .- Personal Técnico por Institución

Institución	Técnicos
CIITEC- IPN	20
CIQA	20
CIMAV	17
CIBNOR	7
IPICYT	6
CIAD	5
UACJ	4
CINVESTAV- Querétaro	3
CICESE	3
CCMC-UNAM	3
UACH	3
CINVESTAV- México	2
CENAM	2
UASLP	2
UAM-Iztapalapa	2
ESFM -IPN	1
IMP	1

Formación de Recursos Humanos

Con relación a la formación de recursos humanos a nivel de licenciatura y posgrado, el inventario brinda un panorama alentador al mostrar que las instituciones actualmente contemplan y buscan alinear sus programas a las nuevas tendencias tecnológicas.

Gráfica B.a.i.2.- Programas de Formación de Recursos Humanos



De esta forma, existen en el país 99 programas en los cuales se imparten asignaturas relacionadas con la nanotecnología. El IPICYT en particular cuenta con el programa de Doctorado en Nanociencias y Nanotecnología.

Cuadro B.a.i. 7.- Programas de Doctorado Relacionados con la Nanotecnología

Institución	Programas de Doctorado
UASLP	5
IIM-UNAM	5
UNISON	3
UAM-Iztapalapa	2
IQ- UNAM	2
IPICYT	2
CIMAV	2
CIE-UNAM	2
CIDETEQ	2
UMSNH	1
UG	1
UDG	1
UANL	1
UAMS	1
ITZ	1
IMP	1
IF- UNAM	1
ESFM -IPN	1
CIQA	1
CINVESTAV- Saltillo	1
CINVESTAV- Querétaro	1
CINVESTAV- México	1
CIITEC- IPN	1
CIDESI	1
CICY	1
CIBNOR	1
CIAD	1

Cuadro B.a.i. 8.- Programas de Maestría Relacionados con la Nanotecnología

Institución	Programas de Maestría
IIM-UNAM	5
UNISON	5
UASLP	4
CINVESTAV- Saltillo	2
ESFM -IPN	2
IQ- UNAM	2
CIE-UNAM	2
CIMAV	2

Institución	Programas de Maestría
CIDETEQ	2
UACH	2
CINVESTAV- Querétaro	1
CIITEC- IPN	1
IF- UNAM	1
IMP	1
CIQA	1
CIDESI	1
CICY	1
CIAD	1
CIBNOR	1
UACJ	1
UANL	1
UAM-Iztapalapa	1
UDG	1
UG	1
UMSNH	1
UDEM	1

Actualmente se cuenta con 12 programas de licenciatura los cuales contemplan la formación de recursos humanos en Nanotecnología a ese nivel.

Cuadro B.a.i. 9.- Programas de Licenciaturas Relacionados con la Nanotecnología

Institución	Programas de Licenciaturas
UASLP	3
UDLA	2
IMP	1
ITC	1
ITS	1
ITH	1
ITQ	1
UDEM	1
UTM	1

El número de alumnos identificados asciende a 257 de doctorado y 216 de maestría, sin que haya sido posible obtener el número de alumnos en licenciatura.

Cabe señalar que, el principal impulsor de la temática en cuanto a formación de recursos humanos, tanto en el número de programas de doctorado y maestría, así como en el número de estudiantes, es el Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM) de la UNAM.

Cuadro B.a.i. 10.- Número de Alumnos de Doctorado por Institución

Institución	Estudiantes Doctorado
IIM-UNAM	42
CIQA	27
IPICYT	19
UAM-Iztapalapa	15
CIITEC- IPN	13
CIDETEQ	13
CICESE	11
CICY	10
UG	10
CIE-UNAM	9
CIATEC	9
UDG	9
UNISON	8
CIMAV	7
CINVESTAV- México	6
CCMC-UNAM	6
CIBNOR	6
UAM-Azcapotzalco	6
ESFM -IPN	5
CIAD	5
UANL	5
UASLP	5
CINVESTAV- Querétaro	4
IMP	4
IQ- UNAM	3

Cuadro B.a.i. 11.- Número de Alumnos de Maestría por Institución

Institución	Estudiantes de Maestría
IIM-UNAM	40
CIQA	20
UACJ	20
CIDETEQ	19
CIITEC- IPN	17
CIMAV	11
CICY	10
ESFM -IPN	8
CIAD	8
UNISON	8
CIATEC	7
UDG	7

Institución	Estudiantes de Maestría
CINVESTAV- México	6
IMP	6
UASLP	6
CIE-UNAM	5
CINVESTAV- Querétaro	4
IQ- UNAM	3
CIBNOR	3
IPICYT	3
UANL	3
CCMC-UNAM	1
CICESE	1

Laboratorios y Plantas Piloto

En cuanto a los laboratorios y plantas piloto equipadas para el desarrollo y estudio de la nanotecnología, se ubicaron los que a continuación se presentan:

Cuadro B.a.i. 12.- Laboratorios pos Institución (157)

Institución	Laboratorios
CIMAV	18
IMP	16
IIM-UNAM	11
CIATEC	11
CIDETEQ	8
CIE-UNAM	7
CIAD	7
CIBNOR	7
IPICYT	6
UASLP	6
UNISON	6
CIQA	5
UDG	5
CINVESTAV- Querétaro	4
CENAM	4
CICY	4
UACJ	4
IQ- UNAM	3
CICESE	3
UACH	3
UANL	3
UAM-Iztapalapa	3
ESFM -IPN	2
CCMC-UNAM	2

Institución	Laboratorios
UAM-Azcapotzalco	2
UG	2
UV/MICRONA	2
CINVESTAV- México	1
UMSNH	1
ITZ	1

Cuadro B.a.i. 13.- Plantas Piloto por Institución (17)

Institución	Plantas Piloto
IMP	5
CIE-UNAM	2
CIQA	2
CIAD	2
CIDETEQ	2
CINVESTAV- Querétaro	1
CIMAV	1
CIBNOR	1
UDG	1

Aún cuando se observa un número considerable de laboratorios y plantas piloto, el equipamiento reportado es escaso y el existente tiene características básicas, lo que limita el avance de la investigación en la materia en cuestión. **Anexo Infraestructura por Institución.**

Son sólo algunas las instituciones (IIM-UNAM, IMP, IPICY, CIQA, CIMAV y CENAM) que cuentan con equipo especializado de vanguardia, necesario para abordar los temas de frontera del conocimiento en materia de nanociencia y nanotecnología.

ii. Líneas y proyectos de investigación en que trabaja el Sector Académico

Las líneas de investigación que desarrollan las instituciones contempladas y que se relacionan con la nanotecnología suman 340 (**Anexo Líneas de Investigación**), distribuidas de la siguiente manera:

Cuadro B.ii.1.- Número de Líneas de Investigación Relacionadas con la Nanotecnología por Institución

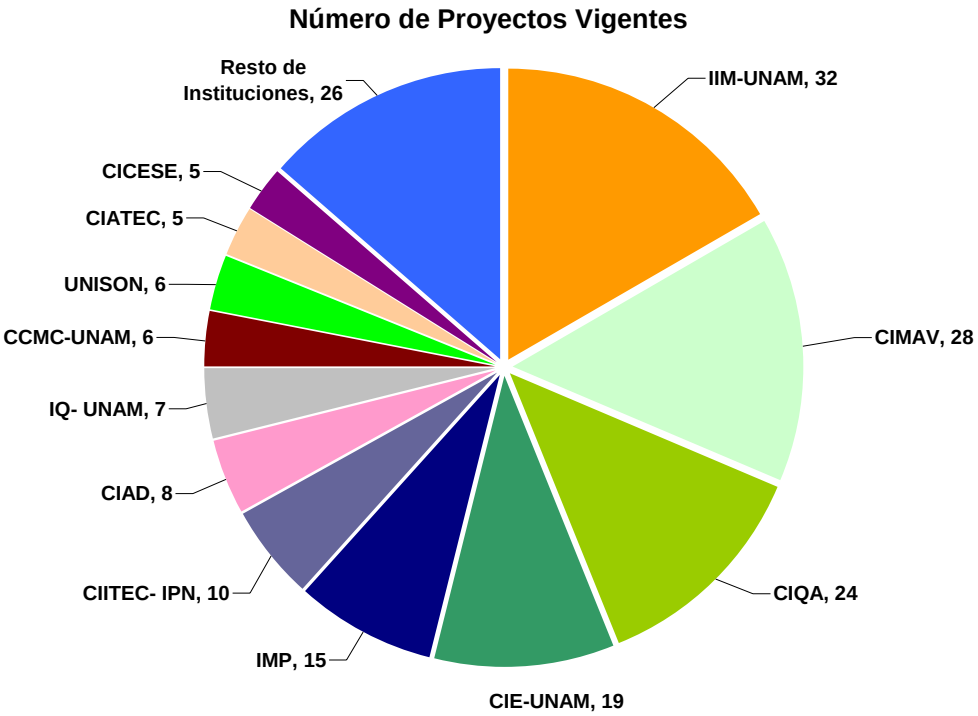
Institución	Líneas de Investigación
CIMAV	45
IIM-UNAM	40
CFATA-UNAM	21
CIQA	21
BUAP	20
CINVESTAV- Mérida	14

Institución	Líneas de Investigación
CINVESTAV- Querétaro	14
CIE-UNAM	11
UASLP	11
IF- UNAM	10
ININ	10
IPICYT	9
IMP	7
UAM-Iztapalapa	7
CICESE	6
CIITEC- IPN	5
CIATEQ, A.C.	5
UACJ	5
UAEH	5
UAM-Azcapotzalco	5
UG	5
CINVESTAV- México	4
CCADET-UNAM	4
UANL	4
UDG	4
IQ- UNAM	3
FC-UNAM	3
CENAM	3
CIAD	3
CIDETEQ	3
CIO	3
UNISON	3
UV/MICRONA	3
CINVESTAV- Saltillo	2
ESFM -IPN	2
CCMC-UNAM	2
CIDESI	2
COMIMSA	2
UACH	2
IPCH	2
CIATEC	1
CICY	1
CIATEJ	1
CIBNOR	1
UADY	1
UMSNH	1
ITC	1
ITS	1
UAZ	1
ITZ	1

Proyectos en Desarrollo

El 46% (26) de las instituciones reportan al menos un proyecto en desarrollo relacionado con nanotecnología. El total de éstos asciende a 191.

Gráfica B.ii.1.- Distribución de los proyectos vigentes



Como se puede observar, la institución con mayor número de proyectos es el Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM) de la UNAM. El listado con el nombre de los proyectos por institución se presenta en el **Anexo Proyectos**.

Redes de Investigación

Se identificaron algunas redes de investigación en las que participa un número considerable de instituciones e investigadores nacionales.

Red Internacional de Nanociencia y Nanotecnología-Red INN

La Red Internacional de Nanociencia y Nanotecnología (Red INN)[106] conformada por aproximadamente 50 investigadores de varias instituciones nacionales e internacionales centradas en el estudio, investigación y aplicación de nanoestructuras.

Instituciones participantes:

[106] http://www.viep.buap.mx/redinn.htm

Nacionales

- Universidad Autónoma Metropolitana
- Instituto Mexicano del Petróleo
- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
- Universidad Iberoamericana
- Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
- Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía
- Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN (México)
- Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados (México)

Internacionales

- Universidad de Texas(USA)
- Universidad de Chile(Chile)
- Universidad de Concepción(Chile)
- Universidad de Parma(Italia)
- Instituto Superior Técnico(Portugal)
- Institut Fuer Neue Materialien(Alemania)
- Universidad Técnica de Estanbul(Turquía)
- Universidad Pablo de Olavide(España)
- Universidad de California(USA)

Red de Grupos de Investigación en Nanociencias- REGINA

La Universidad Nacional Autónoma de México, ha realizado a partir del año 2000 esfuerzos para integrar grupos de investigación interesados en nanotecnología. Así fue como en el año 2003, se creó en el Instituto de Física la Red de Grupos de Investigación en Nanociencias REGINA[107], la cual cuenta con la participación de aproximadamente 60 investigadores de 22 grupos de esta casa de estudios.

La infraestructura de esta red se constituye por varios laboratorios, entre ellos el de síntesis por medio de procesos físicos y químicos, donde se desarrollan desde métodos coloidales hasta formación y deformación de nanopartículas por medio de aceleradores de iones (Peletrón); laboratorios de caracterización, como el de microscopía electrónica y laboratorios de óptica, así como laboratorios de catálisis, donde se exploran posibles aplicaciones[108].

Programa de Investigación Multidisciplinaria: Proyectos Universitarios de Liderazgo y Superación Académica (IMPULSA)

Este Programa de Investigación Multidisciplinaria funciona como red de colaboración al interior de la Universidad Autónoma de México (UNAM), agrupando alrededor de 100 investigadores y estudiantes.

[107] http://www.nano.unam.mx/
[108] Boletín El Faro. UNAM.Noviembre 2 de 2006. Año VI, número 68, Pp 7

En este programa están involucrados la Facultad de Ciencias; los institutos de Física, de Ingeniería, de Investigaciones en Materiales, y de Química, así como los centros de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, de Materia Condensada, de Ciencias Físicas, de Física Aplicada y Tecnología Avanzada y de Investigación en Energía, todos integrantes del Consejo Técnico de la Investigación Científica.

En el programa IMPULSA se encuentra el Proyecto Universitario de Nanotecnología Ambiental (PUNTA), el cual se orienta a solucionar el problema de la degradación del entorno, particularmente desarrollando catalizadores y nanocatalizadores, es decir, instrumentos de limpieza del aire y del agua con dimensiones nanométricas, a fin de crear herramientas más "flexibles e híbridas para reducir la contaminación no sólo de los vehículos, sino también en el agua, e incluso por primera vez, mejorar la calidad del aire en lugares cerrados como oficinas, escuelas, hospitales o el Sistema de Transporte Colectivo Metro"[109].

Red de Nanociencias y Nuevos Materiales

Actualmente el CONACYT[110] coordina la integración de una Red de Nanociencias y Nuevos Materiales, la cual incorpora 4 propuestas de Megaproyectos sometidas a la "Convocatoria para Presentación de Ideas para la Realización de Megaproyectos de Investigación Científica o Tecnológica 2006":

- Laboratorio Nacional de Nanoelectrónica (Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica)
- Desarrollo de Nanociencia y Nanotecnología en México como Catalizador para Impulsar la Ciencia y la Industria con Alto Impacto en la Sociedad (Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.)
- Iniciativa Nacional en Nanotecnología (NANOMEX) (Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.)
- Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (Universidad Nacional Autónoma de México)

De esta forma se busca integrar a los grupos de investigación con intereses comunes para la prevención, identificación y resolución de problemas de gran dificultad e interés para México.

b. Empresas

i. Resultados de la encuesta aplicada a empresas del sector productivo

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a 94 de las 140 empresas seleccionadas.

[109] http://www.eluniversal.com.mx/articulos/vi_31967.html
[110] http://www.conacyt.mx/redes%5Ftema/

Datos Generales

a) De las 94 empresas que contestaron el cuestionario 64% son empresas grandes, 20% medianas, 12% pequeñas y 4% micro. Se encuentran distribuidas en 15 entidades federativas, concentrándose la mayor parte en Nuevo León (22.3%), Jalisco (14.9%), el D.F. y Edo. de México (14.8%) y Guanajuato (11.7%).

Imagen B.b.i.1.-Distribución geográfica de las empresas encuestadas

Estado	N° Empresas
Nuevo León	21
Jalisco	14
Guanajuato	11
Coahuila	8
D.F	7
Estado de México	7
Chihuahua	6
Baja California	4
Querétaro	4
Tamaulipas	4
San Luis Potosi	3
Zacatecas	2
Hidalgo	1
Sinaloa	1
Veracruz	1

b) En el caso del giro de las empresas de acuerdo a la clasificación de la empresas manufactureras se observa lo siguiente:

Tabla.- B.b.i.1Número de Empresa Encuestadas por Giro

Giro	Número de Empresas Encuestadas
Acero	5
Alimentos	4
Aluminio y Metales y equipo	11
Aplicaciones médicas	5
Biotecnología	3
Catalizadores	1
Cementos	2
Electrónica	17
Materiales Eléctricos	7
Materiales y Soluciones de empaque	2
Pinturas y recubrimientos	5
Plásticos-Calzado	13

Giro	Número de Empresas Encuestadas
Productos Cerámicos	4
Productos de cuidado personal	1
Química	9
Textiles y Fibras	2
Tratamiento de agua	1
Vidrio	2

c) En el caso de las personas que participan en el área de tecnología y su nivel de estudio se obtuvo lo siguiente:

- 74 empresas tienen personal con nivel de doctorado, de las cuales un 52.7 % entre 1 a 5.
- 85 empresas tienen personal con nivel de maestría, de las cuales un 44.7% entre 1 a 5.
- 92 empresas tienen personal con nivel de ingeniería o licenciatura, de las cuales un 46.7% más de 20 personas.
- 82 empresas tienen personal con nivel de técnicos, de las cuales un 41.5% que son más de 20 personas.

Como se puede apreciar se cuenta en su mayoría con personal de nivel técnico y de ingeniería o licenciatura; sin embargo se presenta un número atractivo de empresas con personal a nivel de maestría o doctorado, para desarrollo de tecnología.

Nivel de conocimiento de la nanotecnología

a) Respecto al nivel de conocimiento y aplicaciones de la nanotecnología:

a. 9% no conocen el tema
b. 50% tienen conocimiento incipiente
c. 30% tiene un conocimiento medio
d. 8% tiene un amplio conocimiento
e. 3% tiene un muy amplio conocimiento.

Lo que habla de la importancia de la divulgación y de establecer un programa de información para que las empresas puedan empezar a conocer a fondo el tema de la nanotecnología.

b) Respecto a la fuente de donde han obtenido información:

a. 29% de revistas
b. 15% de congresos
c. 12% de seminarios
d. 26% por contacto con expertos

e. 18% otro como:

- Red de Calzado Especializado del Edo. de Guanajuato
- Correo electrónico de un conocido
- Estudios en la Maestría
- Formación de 2 Doctores en Nanotecnología
- Investigaciones en Web
- Contactos con CPI´s y Universidades, documentales en TV
- Proveedores de materias primas.
- Sistema de Alertas Tecnológicas
- Participación directa en proyectos en investigación y escalamiento industrial.
- Red innovace
- Evento I2T2
- Investigación y desarrollo propios en USA

Lo anterior denota que, aún y cuando existen varios medios por los cuales se puede acceder a la información, al tratarse de un tema complejo, requiere de una difusión especializada que permita incrementar el porcentaje de nivel de conocimiento al menos a medio y amplio.

c) Respecto al tema de el acceso a la información se obtuvo:

a. Nivel de información a revistas, patentes y libro: moderado
b. Nivel de participación en congresos: Bajo
c. Nivel de participación en eventos: Entre no se tiene y Bajo.
d. Contacto con expertos: entre bajo y moderado
e. Relación con Centro o Instituciones: entre bajo y moderado.

En general para las personas entrevistadas el nivel de acceso a la información es baja.

d) En equipamiento de laboratorios y plantas piloto:

a. 76% de las empresas no cuentan o cuentan con laboratorios muy poco equipados para el desarrollo de proyectos de nanotecnología.
b. 83% de las empresas no tienen o están poco equipadas con plantas piloto para el desarrollo de proyectos de nanotecnología.
c. Sin embargo, el 18% si está moderadamente equipado o equipado con laboratorios para el desarrollo de proyectos de nanotecnología.
d. Y el 10% moderadamente equipado y equipado con plantas piloto para el desarrollo de proyectos de nanotecnología.

e) Respecto al área responsable de los proyectos de nanotecnología se tiene que:

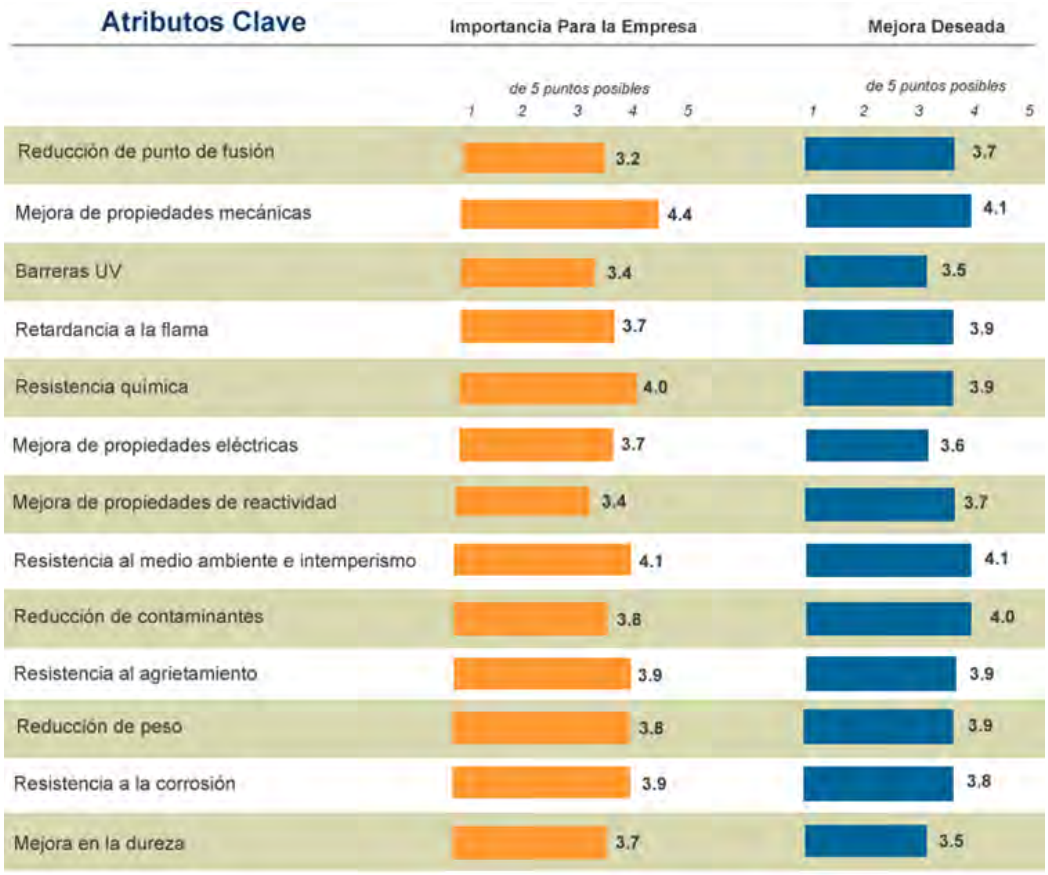
a. Investigación y Desarrollo: 42%

b. Tecnología: 20%
c. Desarrollo de nuevos productos y procesos: 17%
d. Operaciones: 2%
e. Otra: 19% (básicamente es que no existe un área asignada)

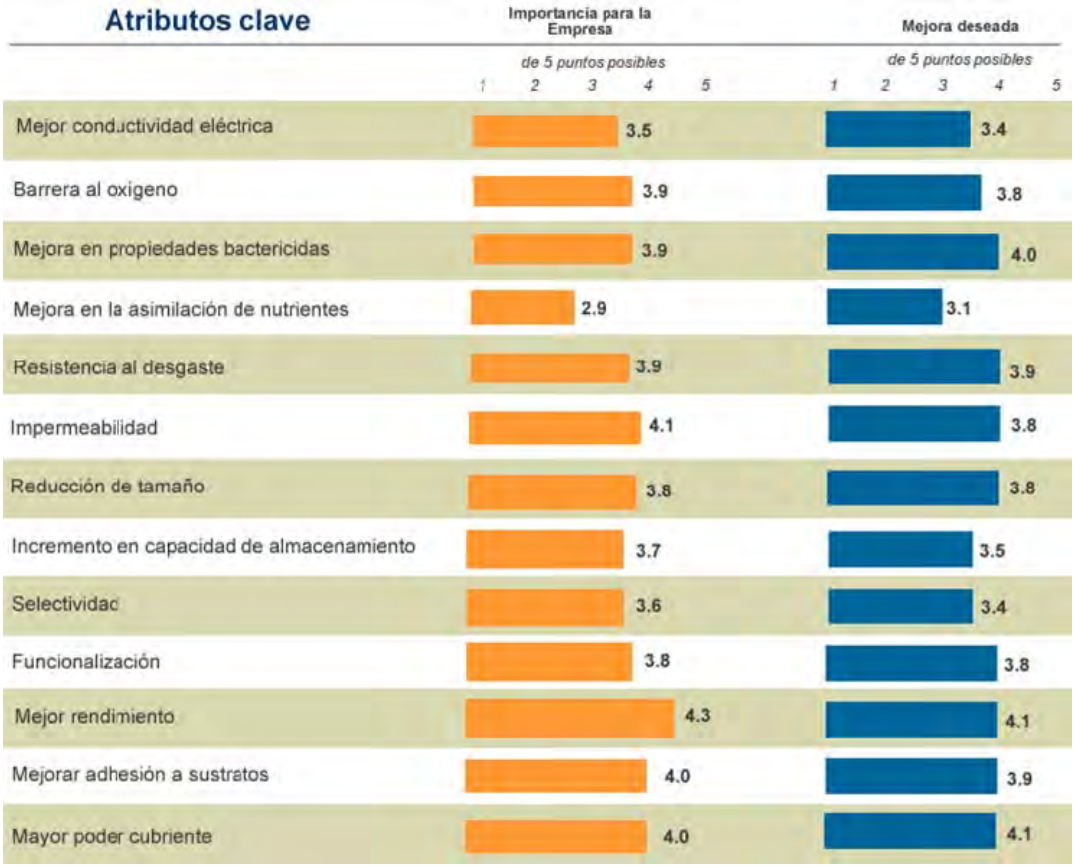
Principales aplicaciones de la nanotecnología.

a) Respecto a los atributos clave la importancia y su mejora deseada se obtuvo las siguiente información:

Gráfica B.b.i.1.- Importancia y mejora deseada en atributos clave



Gráfica B.b.i.2.- Importancia y mejora deseada en atributos clave



Adicionalmente se alimentaron atributos clave presentados en el **Anexo Atributos Clave Adicionales Identificados**.

Se puede observar que varios atributos clave están relacionados con mejoras en propiedades mecánicas, resistencia químicas, resistencia al medio ambiente, a la corrosión, al desgate, al agrietamiento, mejor rendimiento, menor peso. Sin embargo, aunque se desea mejora en estos atributos hay otros que resultan más relevantes como poder antibactericida, mejor conductividad eléctrica, menos contaminantes.

Planes y proyectos en nanotecnología en la empresa.

a) Respecto al estado de los proyectos en nanotecnología en las empresas:

   a. No existen: 42%
   b. Se está estudiando el tema: 27%
   c. Se está en fase inicial: 11%
   d. Ya existen proyectos: 20%

b) Respecto al nivel de importancia en la empresa sobre el tema de la nanotecnología:

a. Muy importante: 21%.
b. Importante: 42%
c. Poco importante: 27%
d. No es importante: 10%

Entre muy importante e importante suma 63% lo cual denota que existe una buena oportunidad para el desarrollo de proyectos y la detección de oportunidades de nuevos productos.

c) Respecto al estado de involucramiento en proyectos de nanotecnología:

a. Aún no se tienen proyectos: 45%
b. Se tiene a nivel de idea de la dirección o gerencia: 11%
c. En fase de estudio de la tecnología: 25%
d. En un portafolio de proyectos: 11%
e. En colaboración con Centros: 7%
f. Es una licencia: 1%

43% están en fase de estudio, tienen un portafolio y están en colaboración con un Centro de investigación lo cual nos muestra el interés creciente en el tema en la industria.

d) Respecto al avance de los proyectos, se muestra la siguiente tabla:

Gráfica B.b.i.3.- Avance en proyectos de nanotecnología

Avance de los Proyectos de Nanotecnología

	Conceptualización	Diseño de experimentos	Pruebas de laboratorio	Pruebas piloto	Pre-lanzamiento y escala industrial
20% de los proyectos	15	7	12	5	4
40% de los proyectos	1	6	2	4	1
60% de los proyectos	8	2	1	0	2
80% de los proyectos	4	4	1	1	2
100% de los proyectos	6	2	6	3	2
TOTAL	34	21	22	13	11

Es interesante mencionar que ya existen avances del 100% en pruebas de laboratorio, pruebas piloto y de prelanzamiento y escala industrial.

Hay 34 proyectos en conceptualización, lo cual puede ser un potencial atractivo de desarrollo y oportunidades para crear negocios potenciales. **Anexo Proyectos relacionados con Nanotecnología vigentes en las Empresas Encuestadas**

e) A continuación se presentan los proyectos que se están trabajando en diferentes Centros de Investigación, así como su nivel de avance.

Gráfica B.b.i.4.- Centro o Institución con el que se está colaborando en México

Centro o Institución con el que se está colaborando en México

	Conceptualización	Diseño de experimentos	Pruebas de laboratorio	Pruebas piloto	Pre-lanzamiento y escala industrial	TOTAL
CIQA	3	2	3	0	2	10
CIMAV	5	1	1	1	0	8
CIATEQ	0	0	1	1	0	2
Universidad de San Luis Potosí	0	0	3	0	1	4
UNAM	2	1	4	0	1	8
CINVESTAV	2	2	2	0	0	6
CIDESI	0	0	1	0	0	1
IPN	0	0	3	0	0	3
Otro Centro o Instituto	9	1	6	1	1	18
TOTAL	21	7	24	3	5	

Se puede ver que ya existen veinte proyectos en etapa de pruebas de laboratorio, dos en planta piloto y cuatro en prelanzamiento. Y las instituciones con mayor número de proyectos son CIQA, CIMAV y la UNAM.

f) Respecto a los proyectos que se desarrollan en el extranjero se observa lo siguiente:

   a. En Estados Unidos hay doce proyectos, desde la conceptualización hasta el prelanzamiento
   b. En Europa es el lugar con el mayor número de proyectos con catorce desde la conceptualización hasta el prelanzamiento.
   c. Mientras en Asia hay dos proyectos.

g) Del uso del producto se obtuvo la siguiente información:

   a. Como aplicación en algún producto terminado: 39%
   b. Como materia prima: 19%
   c. Como parte del proceso de fabricación de línea actual: 14%
   d. Como parte de proceso de fabricación en nueva línea de producto: 16%
   e. Otro: 12%

   Como se puede ver sólo un 16% usarían los productos para una nueva línea de producto.

h) Respecto al tipo de producto que se espera obtener con la nanotecnología se encontró:

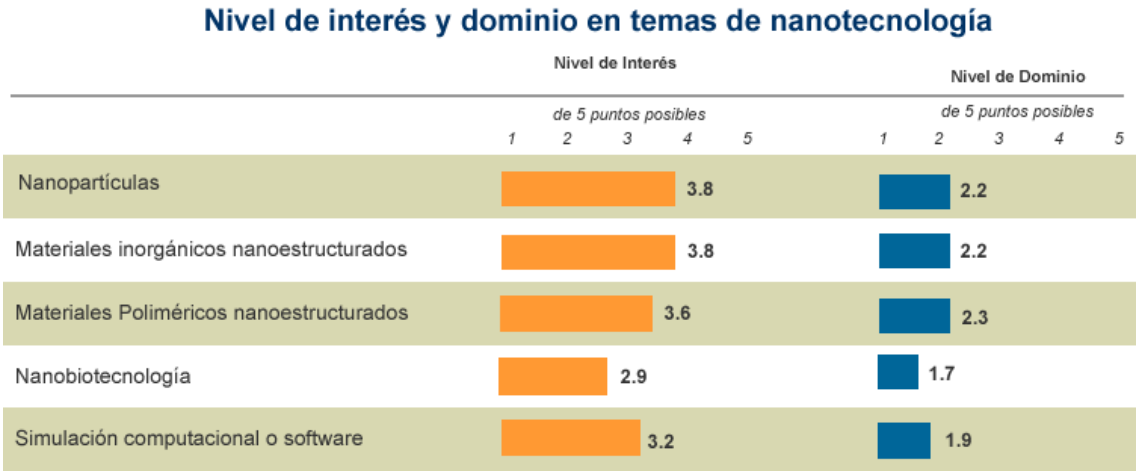
   a. Una mejora a un producto que existe actualmente en el mercado: 53%
   b. Un producto para una nueva aplicación: 12%
   c. Un producto que no existe actualmente en el mercado: 13%

d. Una nueva aplicación inexistente en el mercado: 3%
e. Aún no lo sabe: 19%

La mayor parte de las empresas desean un producto con mejoras a lo que actualmente existe en el mercado.

i) Respecto al nivel de dominio de las plataformas tecnológicas se presenta la siguiente tabla.

Gráfica B.b.i.5.- Nivel de interés y dominio en temas de nanotecnología



El tema de nanopartículas y materiales nanoestructurados inorgánicos fueron de mayor interés para las empresas entrevistadas, sin embargo, el dominio de los temas aún es bajo y en general en todas las plataformas tecnológicas lo que requiere una mayor interrelación entre el sector académico y el industrial e impulsar una política de apoyo para la realización de proyectos.

j) Respecto al tiempo que le tomará a las empresas concluir los proyectos actuales de nanotecnología se tiene:

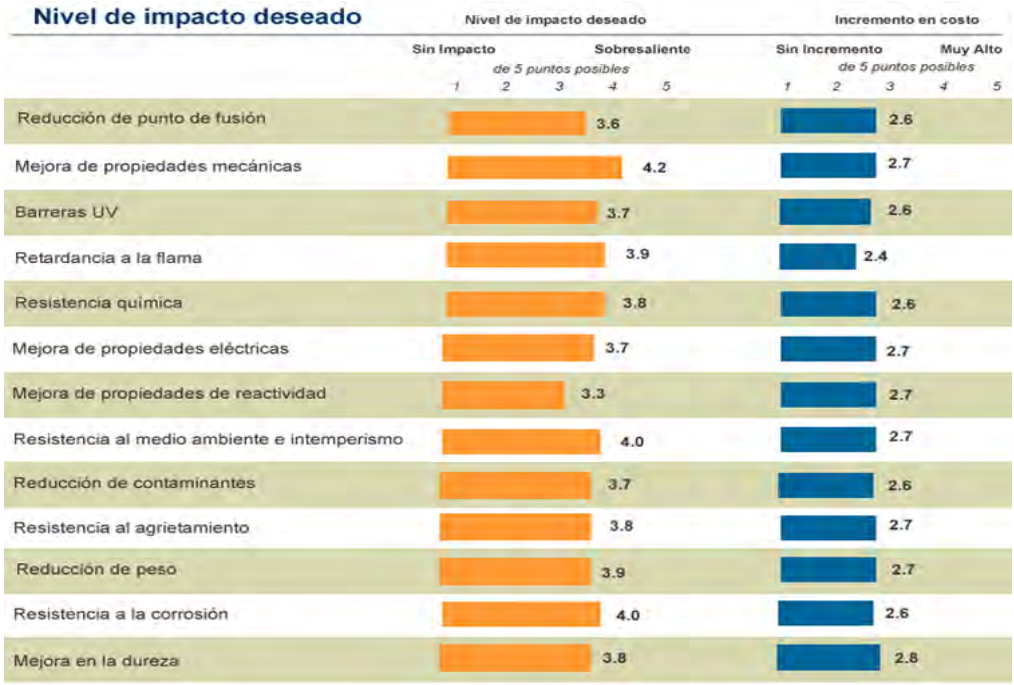
a. Entre uno y dos años: 34%
b. Entre dos y tres años: 25%
c. Entre tres y cuatro: 10%
d. Entre cuatro y cinco años: 3%
e. Más de cinco años: 9%
f. Otro: 19%

Sumando los tres primeros incisos se obtiene un 69% en donde se desea terminar en menos de cuatro años.

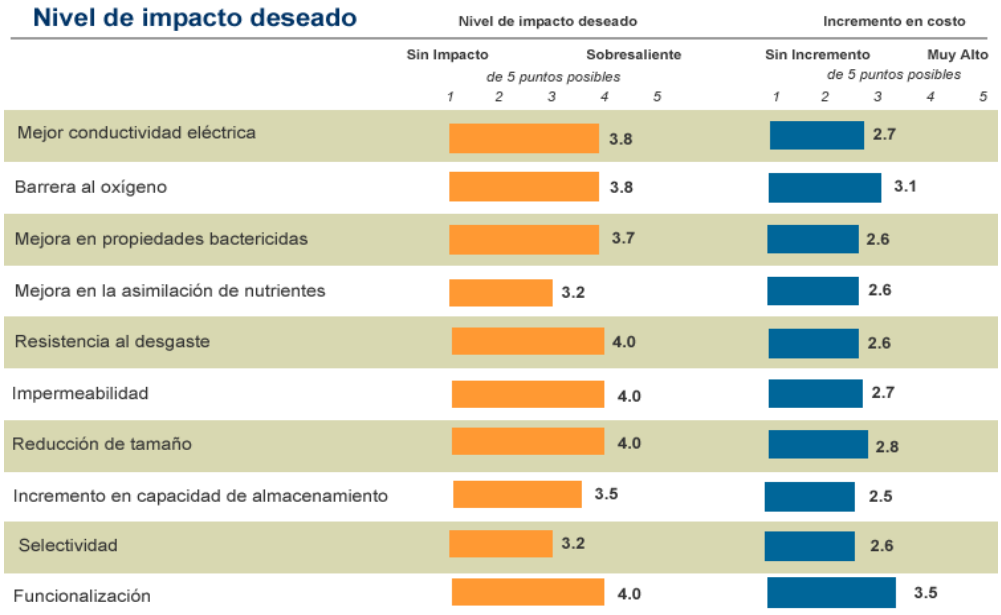
Demanda posible de nanomateriales y nanopartículas en las empresas.
Anexo Producción de Empresas Encuestadas.

a) Se solicita la respuesta al nivel de impacto deseado, así como, el del costo en cada uno de los atributos clave que se muestra en las siguientes tablas:

Gráfica B.b.i.6.- Nivel de impacto deseado e incremento de costo deseado



Gráfica B.b.i.7.- Nivel de impacto deseado e incremento de costo deseado



Se observa que en general se desea en todos los atributos clave un nivel importante de impacto con el desarrollo y en casos como:

- Barrera de oxígeno
- Funcionalización

Se acepta que haya un mayor costo, ya que se pueden obtener mayores beneficios con los productos, sin embargo, en general no se desea un incremento en costo muy alto.

b) Respecto a la pregunta sobre el nivel de conocimiento de las diferentes técnicas de preparación de producto se obtuvo la siguiente tabla:

Gráfica B.b.i.8.- Conocimiento de las técnicas de preparación

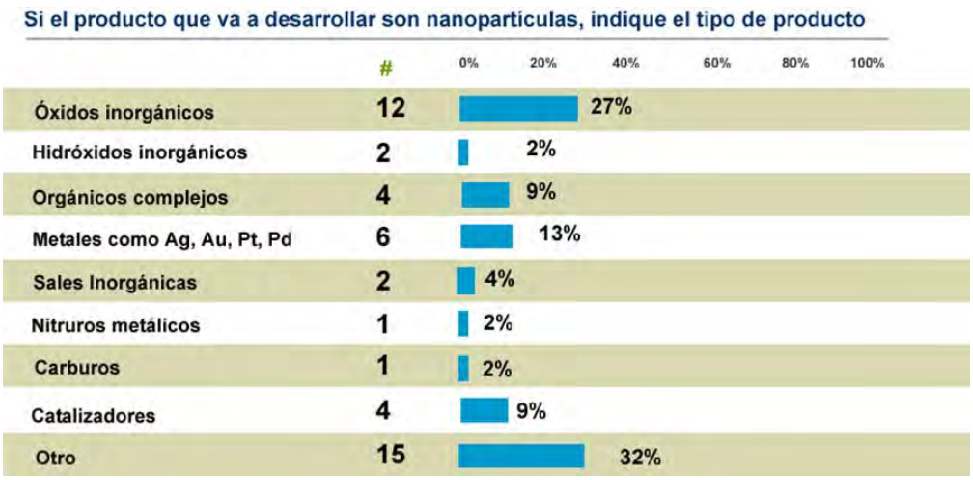
Conocimiento de las técnicas de preparación

	No se conoce	Muy poco	Medio	Amplio	Muy amplio	TOTAL
Técnicas de fase líquida (sol-gel, micro-emulsión, etc.)	59%	24%	10%	5%	2%	100%
Métodos físicos (molienda)	57%	20%	14%	8%	1%	100%
Métodos de alta temperatura(condensación de vapor)	70%	15%	12%	0%	3%	100%
Nanocompositos (compuestos, mezclas de polímeros con cargas)	58%	22%	8%	6%	6%	100%
Métodos de formación de nanoestructuras (SPS)	73%	13%	5%	6%	3%	100%
Otros métodos	71%	16%	8%	3%	2%	100%

Por lo general, las empresas manifestaron no tener o tener muy poco conocimiento de las técnicas de preparación de nanomateriales, lo que representa una oportunidad para hacer mayor difusión con las empresas interesadas y con ello buscar el desarrollo de negocios para la fabricación de productos de alta tecnología

c) A continuación se muestran el interés por el tipo de producto para las nanopartículas.

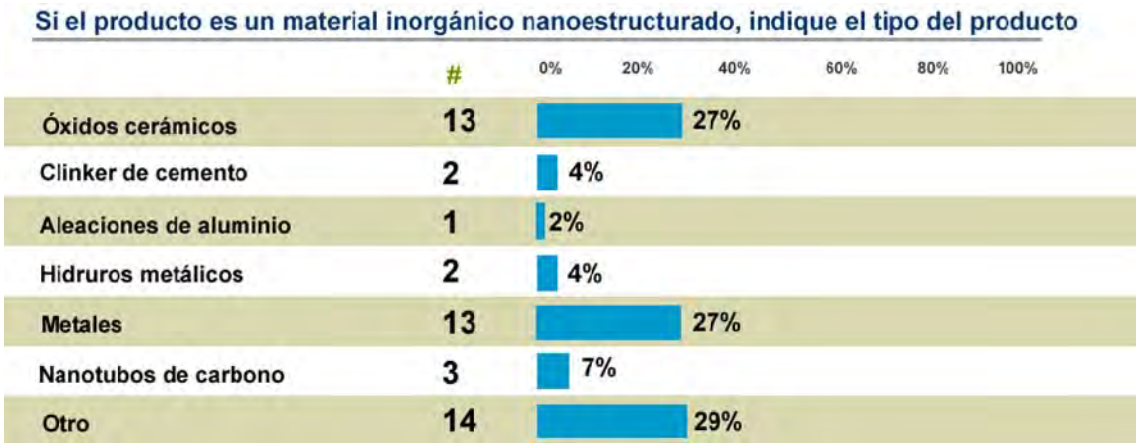
Gráfica B.b.i.9.- Productos requeridos para desarrollar nanopartículas



Se observa un mayor requerimiento de productos inorgánicos en especial óxidos y metales.

d) A continuación se muestra el interés por el tipo de producto para materiales inorgánicos nanoestructurados.

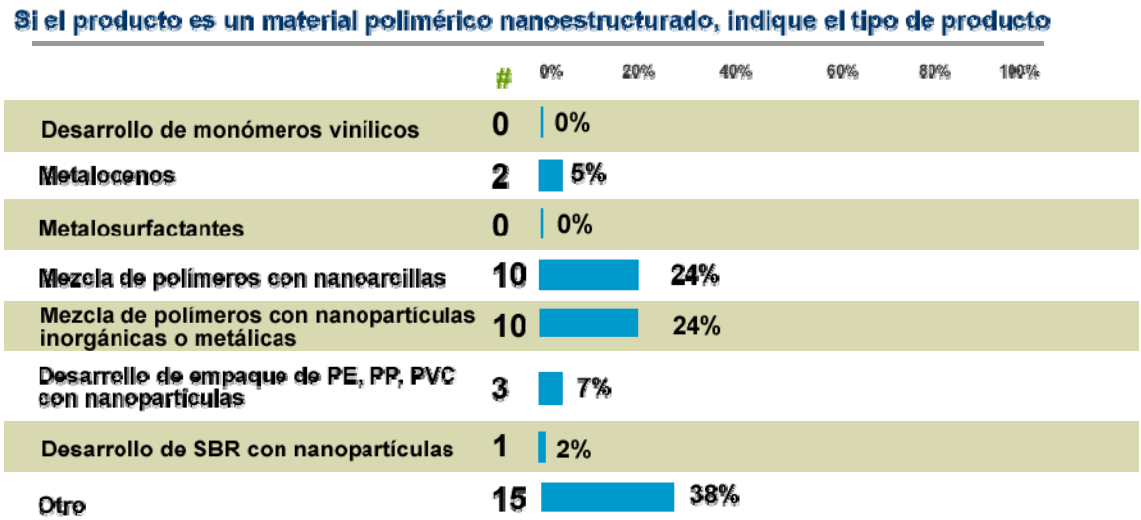
Gráfica B.b.i.10.- Productos requeridos para desarrollar material inorgánico nanoestructurado



También se demandan en mayor porcentaje metales y óxidos cerámicos.

e) A continuación se muestra el interés por el tipo de producto de material polimérico nanoestructurado.

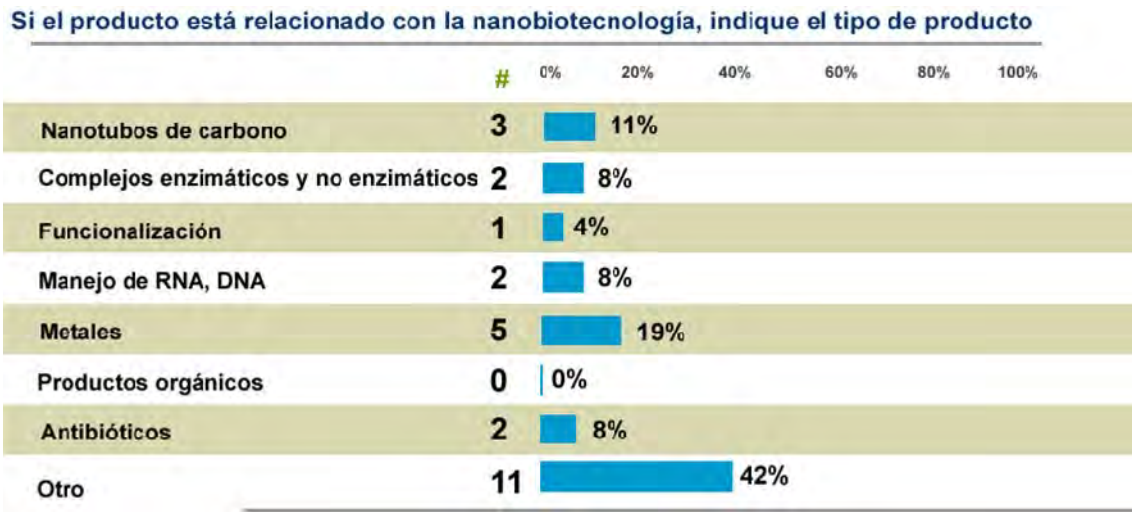
Gráfica B.b.i.11.- Productos requeridos para desarrollar material polimérico nanoestructurado



Se observa que las mezclas de polímeros con nanopartículas y nanoarcillas tienen un alto interés.

f) A continuación se muestran el interés por el tipo de producto para biotecnología.

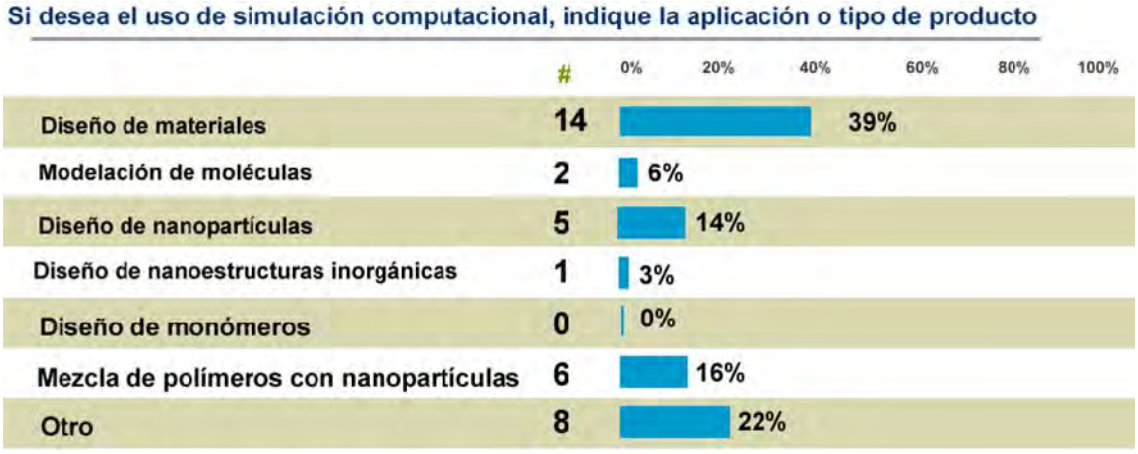
Gráfica B.b.i.12.- Productos requeridos para desarrollar nanobiotecnología



En este caso la demanda se da en nanotubos de carbono, metales y otros.

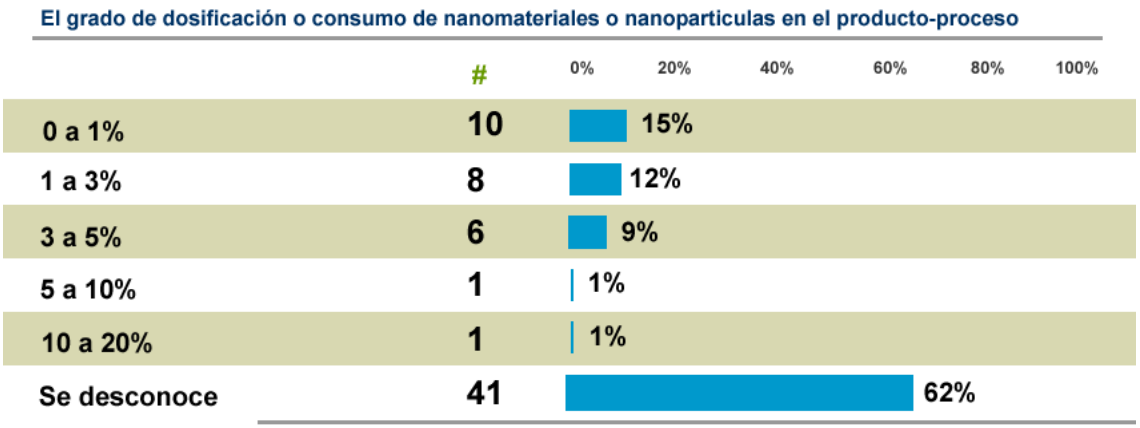
g) A continuación se muestran el interés por el tipo de producto para simulación computacional.

Gráfica B.b.i.13.- Productos requeridos para desarrollar simulación computacional



h) Respecto a las cantidades estimadas de consumo de nanomateriales se obtuvo los siguiente:

Gráfica B.b.i.14.- Consumo estimado de nanomateriales



Se puede observar que un alto porcentaje aún desconoce el porcentaje que se consumirá de nanomateriales.

Proveeduría actual/potencial de nanomateriales.

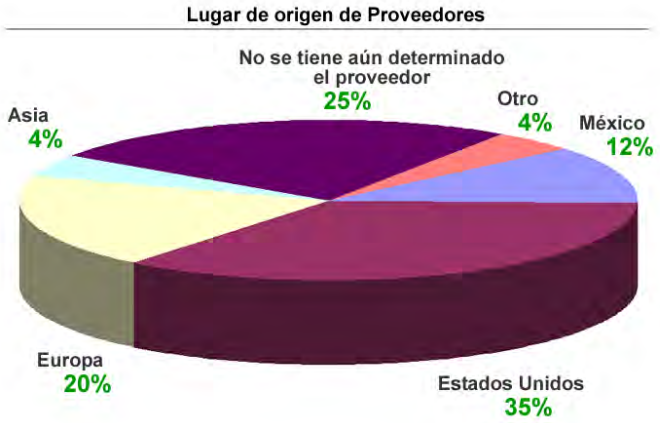
a) Respecto al nivel de conocimientos de los proveedores sobre el tema de nanotecnología:

   a. No existe: 41%
   b. Poco: 34%
   c. Mediano: 11%
   d. Amplio: 9%
   e. Muy amplio: 5%

   Se puede observar que en general no existe o existe muy poco conocimiento del tema por parte de los proveedores que está en sintonía con el porcentaje sobre el conocimiento del tema en las empresas.

b) En la siguiente imagen se puede observar el lugar de origen de los proveedores:

Gráfica B.b.i.15.- Lugar de origen de los proveedores



Una vez más, Estados Unidos como Europa son los principales proveedores, ya que tienen una mayor relación con las empresas en México

c) El grado de involucramiento de los proveedores es el siguiente:

   a. No involucrado: 54%
   b. Poco involucrado: 11%
   c. Moderadamente involucrado: 23%
   d. Involucrado: 4%
   e. Muy involucrado: 8%

   Se puede observar que en general no hay involucramiento de los proveedores lo cual puede dificultar el proceso de creación de negocio y escalamiento industrial de productos.

d) El uso de la nanotecnología en las empresas en los siguientes años será:

   a. No lo sabe: 33%
   b. No será importante: 3%
   c. Poco importante: 7%
   d. Importante: 34%
   e. Muy importante: 23%

   Se observa que el 57% considera importante o muy importante el uso de la nanotecnología lo anterior nos indica que existe el reconocimiento de la relevancia de este tema.

e) La siguiente gráfica muestra como se piensa hacer la integración en las empresas con los proyectos que resulten exitosos

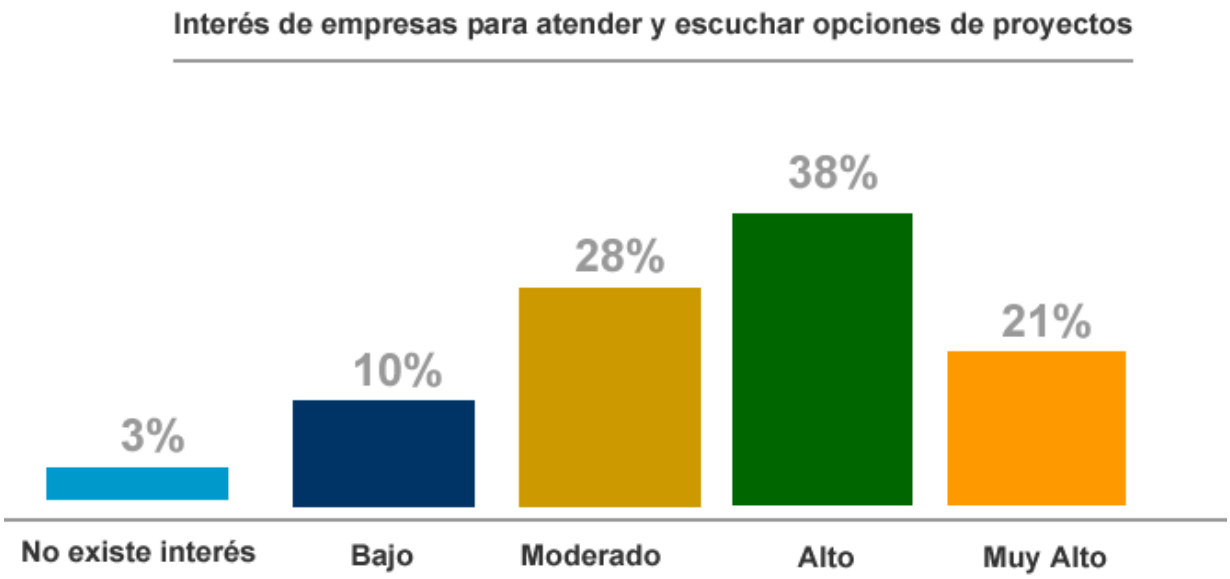
Gráfica B.b.i.16.- Integración de productos-procesos que resulten de proyectos de nanotecnología

Se observa un marcado interés por desarrollar un nuevo proveedor nacional lo cual abre oportunidades para establecer negocios de alta tecnología en México. Sin embargo también hay un alto interés en invertir en una nueva planta al interior de las empresas.

Interés de las empresas en atender y escuchar opciones de proyectos.

a) Respecto al interés de las empresas en atender y escuchar opciones de proyectos se muestra la siguiente gráfica:

Gráfica B.b.i.17.- Interés de las empresas para atender y escuchar opciones de proyectos

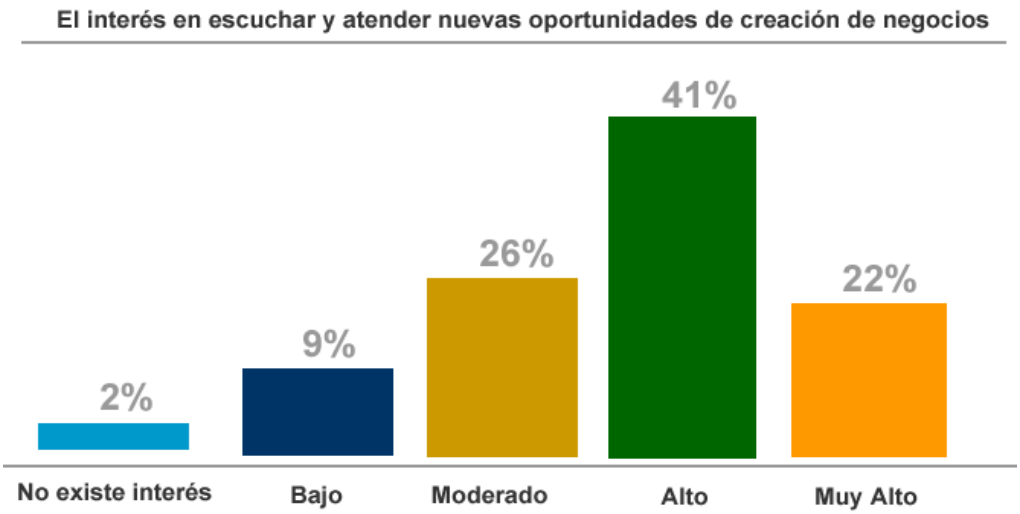


Se puede observar que un 59% tiene interés alto o muy alto en escuchar opciones de proyectos lo cual puede abrir una ventana de oportunidad para los diferentes proyectos que se están desarrollando en los Centros de Investigación en el país y para impulsar el desarrollo de proyectos así como la creación de

instalaciones con la infraestructura para realizar pruebas desde laboratorio hasta plantas piloto

b) Respecto al interés en atender nuevas oportunidades de creación de negocio se muestra la siguiente gráfica:

Gráfica B.b.i.18.- Interés de las empresas para atender y escuchar opciones de nuevas oportunidades de creación de negocios



Un 63% está interesado en escuchar oportunidades de creación de negocios por lo que un enfoque hacia la detección de nuevos productos, plan de negocio y creación de negocios podría generar un atractivo muy alto en las empresas.

Conclusiones

Datos Generales

- De las 94 empresas que contestaron el cuestionario 64% son empresas grandes, 20% medianas, 12% pequeñas y 4% micro.
- Se puede apreciar que en su mayoría la empresas cuentan con personal de nivel técnico y de ingeniería o licenciatura; sin embargo, se cuenta con un número atractivo de empresas con personal a nivel de maestría o doctorado para desarrollo de tecnología.
- Se tiene toda la información de contactos, áreas prioritarias y proyectos. **Anexo Contactos de Empresas Encuestadas**

Nivel de conocimiento de la nanotecnología

- 59% no conocen el tema o tienen conocimiento incipiente.
- Se muestra que hay varios medios para acceder a la información, sin embargo, es un tema complejo que requiere de una difusión especializada que permita incrementar el porcentaje de nivel de conocimiento al menos a medio y amplio.
- En general, no se tiene acceso a laboratorio y plantas piloto equipadas para realizar proyectos de investigación en nanotecnología, sin embargo, si existe un poco de infraestructura en empresas en las que se están realizando proyectos, lo anterior da un indicativo de la necesidad de contar con instalaciones o equipos piloto para que las empresas puedan llevar a cabo sus proyectos.
- En general, las áreas responsables del desarrollo de proyectos son de Investigación y Desarrollo y Tecnología.

Principales aplicaciones de la nanotecnología

- Se observa que varios atributos clave están relacionados con mejoras en propiedades mecánicas, resistencia química, resistencia al medio ambiente, a la corrosión, al desgaste, al agrietamiento, mejor rendimiento, menor peso.
- Sin embargo, aunque se desea mejora de las anteriores propiedades, hay otras que resultan más relevantes como poder antibactericida, mayor poder cubriente, menos contaminantes, resistencia al medio ambiente e intemperismo.

Planes y proyectos en nanotecnología en la empresa

- No existen en un 42% y se está estudiando el tema: 27%, lo que habla que aún falta mayores bases y conocimientos del tema sin embargo un 20% ya tiene proyectos.
- Sólo un 10% considera que no es importante el tema pero un 57% importante o muy importante.
- Un 25% está en fase de estudio de la tecnología y un 18% ya tiene portafolio de proyectos y/o están trabajando con Centros de Investigación
- Se anexa el listado de proyectos que hasta el momento han compartido las empresas en el cuestionario.
- Ya existen veinte proyectos en etapa de pruebas de laboratorio, dos en planta piloto y cuatro en prelanzamiento. Las instituciones con mayor número de proyectos son CIQA, CIMAV y la UNAM.
- Europas es el lugar en el que hay un mayor número de proyectos con catorce, desde la conceptualización hasta el prelanzamiento también en Estados Unidos con doce proyectos, mientras en Asia hay dos proyectos.

- Como se puede ver sólo un 16% usarían los productos para una nueva línea de producto y la aplicación en algún producto terminado tiene el mayor porcentaje
- La mayor parte de las empresas desean un producto con mejoras a lo que actualmente existe en el mercado.
- 69% de las empresas desean terminar sus proyectos en menos de cuatro años.

Demanda posible de nanomateriales y nanopartículas en la empresa.

- Se observa que en general se desea en todos los atributos clave un nivel importante de impacto con la nanotecnología
- Se acepta en algunos atributos que haya un mayor costo ya que se pueden obtener mayores beneficios con los productos, sin embargo en general no se desea un incremento en costo muy alto.
- Se observa una tendencia a requerir nanopartículas inorgánicas y también hay una demanda interesante en el desarrollo de metales.
- Igualmente en los inorgánicos nanoestructurados se buscan desarrollos en metales y óxidos cerámicos
- En nanobiotecnología en metales y nanotubos de carbono y otros.
- En simulación computacional se buscan desarrollos de diversos tipos desde diseño de materiales hasta mezclas con nanopartículas en polímeros lo que representa un potencial para software muy especializado.
- Se puede observar que 62% aún desconoce la cantidad que se consumirá de nanomateriales.

Proveeduría actual y potencial de nanomateriales.

- Se puede observar que en general no existe o existe muy poco conocimiento del tema por parte de los proveedores que está en sintonía con el porcentaje sobre el conocimiento del tema en las empresas.
- Una vez más se observa que tanto Estados Unidos como Europa son los principales proveedores ya que tienen un mayor relación con las empresas en México
- Se puede observar que en general no hay involucramiento de los proveedores lo cual puede dificultar el proceso de creación de negocio y escalamiento industrial de productos o bien significar una oportunidad de creación de nuevos negocios de alta tecnología.
- Se puede observar que el 57% considera importante o muy importante el uso de la nanotecnología lo anterior nos indica que existe el reconocimiento de la relevancia de este tema
- Se puede observar un marcado interés por desarrollar un nuevo proveedor nacional lo cuál abre oportunidades para establecer negocios de alta tecnología en México.

Interés de las empresas en atender y escuchar opciones de proyectos

- Se puede observar que un 59% tiene interés en escuchar opciones de proyectos lo cual puede abrir una ventana de oportunidad para los diferentes proyectos que se están desarrollando en los Centros de Investigación en el país y para impulsar el desarrollo de proyectos así como la creación de instalaciones con la infraestructura para realizar pruebas desde laboratorio hasta plantas piloto
- Un 63% está interesado en escuchar oportunidades de creación de negocios por lo que un enfoque hacia la detección de nuevos productos, plan de negocio y creación de negocios podría generar un atractivo muy alto en las empresas

c. Posición de los diferentes grupos sociales respecto de la nanotecnología

A diferencia de otros países, en que la nanotecnología ha sido objeto de controversias, coaliciones, redes, programas y movimientos organizados para advertir a la sociedad civil tanto de las ventajas como de sus posibles efectos negativos, llegando incluso a posiciones radicalizadas que plantean una declaración de moratoria de las investigaciones en el tema, en México esta situación ha pasado prácticamente inadvertida, producto de un conocimiento y una comprensión limitados por parte de la sociedad acerca de esta cuestión.

En una revisión de las ediciones correspondientes a los dos últimos años de los principales periódicos de circulación nacional, así como de los sitios Web de grupos empresariales y organismos de la sociedad civil mexicanos, se encontraron básicamente planteamientos de miembros de la comunidad académica nacional y algunos artículos de opinión tanto en la prensa escrita como en sus propios sitios de Internet, de miembros de redes internacionales y grupos ecologistas nacionales, opositores al desarrollo indiscriminado de la nanotecnología.

En la prensa escrita y revistas especializadas o de divulgación, los investigadores y científicos mexicanos manifiestan un decidido apoyo al impulso de la nanociencia y la nanotecnología y coinciden al afirmar que su desarrollo representaría para el país la oportunidad de mejorar su situación económica, recuperándose del rezago tecnológico en que se ha caído, para lo cual se cuenta con ventajas, como la existencia de un nutrido grupo de especialistas e investigadores de alto nivel, que se ubica entre los mejores de América Latina[111], considerándose por ello que la investigación nanotecnológica catalogada en México “de buen nivel”, es un área estratégica en la que el país debiera invertir.

[111] La UNAM ocupa la posición 70 entre los primeros 100 centros de investigación en nanotecnología del mundo. Gian Carlo Delgado. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades. UNAM.

Concuerdan en que México aún está a tiempo de participar y hacer aportaciones en esta nueva actividad científica que, sin lugar a dudas, tendrá un impacto importante en el conocimiento y en la economía mundial. Se destaca que de no hacerlo así, se corre el riesgo de profundizar el atraso y la dependencia tecnológica del país, si consideramos que este campo científico avanza de forma acelerada. En este sentido, se puntualiza que en el pasado México llegó tarde para participar en el desarrollo de la electrónica y se considera que ahora, se estaría a tiempo para apoyar a los mejores grupos de investigación y desarrollo mexicanos, así como para preparar recursos humanos y establecer relaciones estratégicas con industriales y con el gobierno, creando sinergias que permitan alcanzar el "tren de la nanotecnología", ya que de lo contrario, se continuará con el papel de espectadores y comprando tecnología a precios muy elevados.

Indican también que 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, señalando además que la economía mundial se basa crecientemente en el conocimiento y la innovación tecnológica, lo cual coloca en desventaja a aquellos países que no invierten en educación y conocimiento. En este contexto, la nanotecnología aparece como una necesidad, en lugar de una opción.

Se reconoce que la nanotecnología en el país se encuentra en estado embrionario, aduciéndose la falta de una política nacional que impulse su desarrollo, requiriéndose del apoyo financiero que garantice la continuidad en el futuro de importantes proyectos. Así, al igual que otras naciones en desarrollo, México debe invertir recursos económicos no sólo públicos sino también de la industria privada, para evitar quedarse a la zaga en materia de ciencia y tecnología. En general, se quejan de la falta de apoyo de empresas y gobierno, lo que limita el potencial de crecimiento. Comentan que hay desinterés por parte del gobierno mexicano para apoyar iniciativas nanotecnológicas y por su parte, las compañías prefieren traer los avances en la materia de otras naciones, antes que desarrollar los suyos.

Plantean la necesidad de contar con un programa de divulgación que informe a la sociedad y al sector industrial de los avances que puede generar la nanotecnología, ya que a pesar de tener un cuerpo científico altamente capacitado, no se cuenta con los recursos requeridos para su despegue ni con la difusión adecuada de su trabajo.

Se consigna también que el establecimiento de una iniciativa o programa nacional para la nanotecnología en México, aceleraría su desarrollo e impulsaría la inclusión de México en el promisorio mercado de los nanoproductos, aprovechando esta etapa inicial en la que se encuentran estas actividades. Se subraya la necesidad de que nuestro país impulse decididamente la investigación y el desarrollo en este nuevo campo del conocimiento, como una forma de introducirse en una competencia global en la que países emergentes como China, Singapur y Australia han encontrado resquicios. Para ello, se indica que es fundamental establecer prioridades nacionales a través de la detección de nichos y oportunidades, en las que los científicos y tecnólogos mexicanos trabajando en este campo tengan impacto, ya que es difícil

competir con las grandes sumas y recursos humanos que dedican otros países a este rubro.

Reflexionan además sobre la necesidad de trabajar en equipo, formar redes y alianzas estratégicas, así como preparar a los futuros científicos, técnicos e ingenieros en este campo.

Consideran que el principal reto será incorporar la nanotecnología como un nuevo campo multidisciplinario vinculado estrechamente a la sociedad. Las investigaciones nanocientíficas tienen un énfasis social, ya que se abre la oportunidad de desarrollar herramientas para resolver problemas urgentes como el acceso a recursos energéticos, agua, fármacos o alimentos.

En contrapartida a la posición de los científicos, aparece en el país una oficina de representación del Grupo ETC (Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración), con sede en Ottawa, Canadá, que a nivel mundial promueve el desarrollo de tecnologías socialmente responsables que sirvan a los pobres y marginados, trabajando también en cuestiones de gobernancia internacional y monitoreo del poder corporativo[112].

La responsable de programas del Grupo ETC en la oficina de México, es Silvia Ribeiro, mexicana investigadora y periodista con gran experiencia en el trabajo social y ambiental. Ha organizado campañas en el tema ambiental en Uruguay, Brasil y Suecia, ha sido oradora en muchos eventos de la sociedad civil internacional en todo el mundo, hablando del problema de los transgénicos y nuevas tecnologías como la nanotecnología, concentración corporativa, propiedad intelectual, derechos de los pueblos indígenas y de los agricultores y ha escrito gran número de artículos sobre estos temas que se han publicado en revistas y libros en América Latina, Europa y Norteamérica. Es columnista del diario La Jornada en México y miembro del comité editorial de la revista latinoamericana “Biodiversidad, sustento y culturas”.

En septiembre de 2005 publicó una serie de 4 artículos en La Jornada titulados “Los problemas de la nanotecnología” en los que aborda temas como salud y medio ambiente, patentes y el sector agroalimentario, expresando en el primero de ellos…”Las nanotecnologías prometen beneficios de todo tipo, desde aplicaciones médicas nuevas o más eficientes a soluciones de problemas ambientales y muchos otros; sin embargo, la mayoría de la gente todavía no sabe de qué se trata.” Indica asimismo que…”El grupo ETC, que es una de las organizaciones de la sociedad civil que más han trabajado este tema, propone una moratoria global inmediata. Es urgente que la sociedad civil encare este tema, se sume a esta demanda y genere muchas más críticas públicas”.

Ha sido objeto de varias entrevistas en las que reitera su posición crítica, habiendo participado en un evento denominado “México: debates sobre nanotecnología”

[112] http://www.etcgroup.org/es/

realizado en la Cd. de México del 14 al 18 de noviembre de 2005 y en el que participó Pat Mooney, director del Grupo ETC, además de reconocidos científicos mexicanos, como el Dr. René Drucker Colín, Coordinador de Investigación Científica de la UNAM, el Dr. Alejandro Nadal, Coordinador del Programa de Ciencia, Tecnología y Desarrollo del Colegio de México, el Dr. Humberto Terrones, del IPICYT, el Dr. Andrés Barreda de la Facultad de Economía de la UNAM y el Dr. Julio Muñoz Rubio del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la UNAM.

En Octubre de 2007, la Asociación de Consumidores Orgánicos, con sede en San Miguel de Allende, Guanajuato, colocó en su sitio de Internet la noticia “Amplia Coalición Internacional Lanza un Llamado Urgente para Vigilar la Nanotecnología” publicada por el Grupo ETC en su página el 20 de Agosto de este año. Se informa en la misma que …”Más de cuarenta organizaciones sociales de todo el mundo publicaron a finales de julio Principios Fundamentales para la Vigilancia de la Nanotecnología y los Nanomateriales, mencionando los enormes riesgos de esta tecnología para el público, los trabajadores y el ambiente.” Cabe mencionar que entre las organizaciones de referencia no se encuentra ninguna de México, aún cuando indirectamente se participa a través del Grupo ETC.

La Declaración de la coalición expresa que la…”investigación en nanotecnología relativa a los aspectos sociales y ambientales debe incluir la participación activa de las comunidades, cuyas reflexiones pueden ayudarnos a evitar problemas catastróficos ocurridos en el pasado."

Cabe en este sentido, hacer mención de la UITA (Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación, Agrícolas, Hoteles, Restaurantes, Tabaco y Afines) en la que México participa a través de diversos Sindicatos, cuya sección Regional Latinoamericana con sede en Montevideo Uruguay celebró en octubre de 2006 en Santo Domingo su 13 Conferencia Regional, con la presencia de 95 delegados que representaban a 39 organizaciones de trabajadores pertenecientes a 14 países, y en la cual se aprobó una resolución sobre las nanotecnologías, constituyéndose en la primera declaración a nivel continental emitida por una federación de sindicatos de trabajadores.

En términos generales la declaración llamó a la discusión pública, advirtiendo que se estaban introduciendo en el mercado productos con nanocomponentes antes que la sociedad civil y los movimientos sociales tuviesen tiempo para evaluar sus posibles implicaciones económicas, ambientales, sociales y en la salud. Además, la declaración advertía sobre la necesidad de no dejar en manos de “expertos” una discusión que implicará profundos cambios sociales.

En marzo de 2007, se realizó el 25 Congreso de la UITA en Ginebra. La Regional Latinoamericana presentó a la discusión la resolución de Santo Domingo, que fue aprobada, extendiendo así su impacto a los 122 países y a los más de 12 millones de trabajadores que agrupa.

Esta resolución aparece en varios sitios de Internet relacionados con bioseguridad, seguridad en el trabajo y organizaciones sindicales. En particular, en la sección de Nanotecnología y trabajadores, de la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad[113]. Esta red se creó oficialmente en la Ciudad de San Pablo, Brasil, el 9 de noviembre de 2006, en el marco del III Seminário Internacional de Nanotecnología, Sociedade e Meio Ambiente, con el propósito de dialogar sobre el papel de las nanotecnologías en el desarrollo, participando en la misma, además de México con cuatro miembros, Argentina con 3, Brasil con 2, Chile con 1, Uruguay con 3, Venezuela con 4 y España en calidad de invitado con 2.

Cuenta con dos coordinadores, uno de México y otro de Brasil, actuando como instituciones sede de la Red, la Unidad Académica en Estudios del Desarrollo (UAED) de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ) y el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH) de la UNAM. En el sitio de la red, se encuentran varios artículos publicados en la prensa nacional e internacional, revistas de divulgación e indexadas, así como presentaciones en congresos.

Los autores más prolíficos de esta red son los coordinadores de la misma, que a su vez tienen varias publicaciones en conjunto: Guillermo Foladori y Noela Invernizzi. Ambos son profesores de planta del Programa de Doctorado en Estudios del Desarrollo de la Universidad de Zacatecas.

En términos generales, la temática de sus publicaciones en materia de nanotecnología gira alrededor del carácter disruptivo de esta tecnología, en tanto modificará radicalmente todo el sistema de producción vigente y dado el carácter globalizado de la economía, los impactos se sentirán en todo el mundo de manera prácticamente simultánea. Aducen que un cambio tan rápido traerá consecuencias insospechadas, entre las que los beneficios pueden apreciarse día a día en los productos que crecientemente se venden en el mercado, y en las promesas, muchas de ellas plausibles, de los laboratorios de investigación. Expresan que sin embargo, además de estas promesas, ya se prevén riesgos importantes, dado que en un mundo comandado por la ganancia empresarial al decir de ellos, es evidente que los productos serán lanzados al mercado antes que la sociedad tenga la capacidad de analizar sus efectos, tanto en los riesgos sobre la salud y el ambiente como en los impactos sociales y económicos. Critican sobre todo los avances tan lentos en la regulación de la nanotecnología y a la imposibilidad para opinar del grueso de la sociedad, al no contar con el conocimiento relativo al tema.

El Dr. Gian Carlo Delgado que también participa en la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad, es miembro del programa "El Mundo en el Siglo XXI" del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la UNAM. Es autor de numerosos artículos sobre medio ambiente, ecología política, medio ambiente y organismos internacionales y, acerca de los aspectos éticos, sociales y ambientales de la nanotecnología y biotecnología. Recientemente le fue aceptado el

[113] http://www.estudiosdeldesarrollo.net/relans/index.html

artículo “Entre la Competencia y la Dependencia Tecnológica: la nanotecnología en el continente americano”, que resume su posición ante la nanotecnología. Dicho artículo será publicado en el No. 17 de la revista Nómadas de Enero-junio de 2008, correspondiendo dicha publicación a una Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas de la Universidad Complutense de Madrid.

En el resumen del artículo en cuestión, el autor expone: …”La nanotecnología, que manipula la materia a la escala de una mil millonésima de metro, se perfila como una de las principales propuestas del avance científico tecnológico del siglo XXI. Con todo y sus altos grados de incertidumbre, el avance de la nanotecnología ha sido notorio y, dadas sus potencialidades, la competencia intercapitalista es cada vez más intensa. Es un contexto en el que se considera pertinente una aproximación al asunto desde la sociología política y la geoeconomía, dado que posibilita dar cuenta de las dinámicas e intereses en juego; de los tejidos y relaciones de poder; de las tensiones de competencia intercapitalista realmente existentes y sus contradicciones, entre otros. La indagación del caso puntual de la nanotecnología en el hemisferio occidental nos permitirá mostrar y evaluar algunos de los rasgos más característicos de cómo es impulsada la alta tecnología en las metrópolis (en este caso en los Estados Unidos) y cómo es adoptada tal agenda investigativa en la periferia (en Latinoamérica).”

Por otra parte, se ha recabado la opinión respecto al tema, de 25 personas del ámbito académico nacional y 3 del extranjero. De entre los primeros, se cuenta con las del Director General del CONACYT, así como del Director General del IPN **(Anexo Entrevistas)**. En términos generales, todos coinciden en impulsar el desarrollo de la nanotecnología en México por su carácter estratégico, así como la existencia de grupos de investigación de excelencia con algún grado de avance en la materia. Vertieron asimismo, algunas recomendaciones de estrategias y políticas que sería conveniente, desde su punto de vista, implementar en el país.

Conclusión.- Aún cuando el grupo social que expresamente ha manifestado la necesidad de desarrollar la nanotecnología en México expresada con mayor frecuencia a través de la prensa escrita y revistas de divulgación, así como en las entrevistas realizadas hasta el momento, es el de los investigadores adscritos a diferentes instituciones de investigación del ámbito nacional, se empiezan a advertir movimientos en ciertos sectores de la sociedad que opinan acerca de sus riesgos y reclaman la necesidad de investigar mayormente en este sentido, así como de avanzar en el establecimiento de un marco regulatorio que ponga en práctica el principio de precaución en el uso de productos y procesos derivados de esta tecnología.

d. Organismos e Instituciones que Apoyan el Desarrollo de la Nanotecnología

En México, es básicamente el CONACYT la institución que en el ámbito nacional ha impulsado en alguna medida el desarrollo de la nanotecnología, a través de proyectos aprobados mediante las diversas convocatorias, incluidas las emitidas a finales del 2006: “Apoyos Complementarios para el Establecimiento de Laboratorios Nacionales de Infraestructura Científica o Desarrollo Tecnológico 2006” mediante la cual se apoyó

la creación de los Laboratorios Nacionales de Nanotecnología en Chihuahua y San Luis Potosí y la "Convocatoria para Presentación de Ideas para la Realización de Megaproyectos de Investigación Científica o Tecnológica 2006" mediante la cual se apoyarán 4 proyectos a través de su integración en la Red Temática de Nanociencia y Materiales Avanzados.

Asimismo, mediante la aprobación de 152 proyectos a 58 instituciones de investigación fondeados a través de los fondos sectoriales y mixtos, el CONACYT erogó entre 1998 y 2004 alrededor de 14.4 millones de dólares, distribuidos en un 53% para el área de materiales, 14 % a Química, 14% a Electrónica, 12% a Física y 7% a otros.

Por otra parte, son también las IES fuentes de apoyo y promoción para el desarrollo de la actividad, incluidas instituciones privadas como la Universidad de las Américas en Puebla. Sin embargo, no se cuenta con información detallada al respecto, salvo la consignada en el inventario, que no permite cuantificar los recursos económicos erogados para este concepto.

De igual manera, a través de convenios se cuenta con apoyo de instituciones y organismos extranjeros, como es el caso de la Universidad Estatal de Arizona con quien el CONACYT firmó un Acuerdo de Entendimiento para establecer un "Cluster de Nanotecnología en América del Norte" que involucra recursos conjuntos por 16 millones de dólares en 5 años; los relativos a UT-Austin y SUNY-Albany, cada uno por 250 mil dólares.

Este sentido, la Unión Europea a través del organismo ForumEULA asociado a los Programas Marco de aquella Región, apoya la actividad y desarrollo del país en esta materia, mediante un acuerdo con el CONACYT para crear un fondo a partes iguales por 20 millones de euros, con el propósito de que científicos de México y la Unión Europea impulsen de manera coordinada proyectos de nanotecnología.

Dicho fondo, oficializado a principios de 2008, es en gran parte consecuencia del apoyo brindado al Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT) por el ForumEULA para la realización en México del "NanoforumEULA fact finding mission August 2007" del 24 al 30 de agosto de 2007. El evento se llevó a cabo en 4 ciudades sede: Saltillo, León, San Luís Potosí y Cd. de México, contando con una asistencia global de 225 participantes, así como 13 conferencistas europeos, 60 mexicanos y 14 conferencistas de la industria.

El propósito de dichas reuniones fue promover relaciones de colaboración y trabajo entre las organizaciones e industrias europeas que realizan investigación científica en nanotecnología y sus homólogos en México, permitiendo al mismo tiempo a los expertos europeos, obtener una idea de la infraestructura disponible, la información sobre la propiedad intelectual, la política de investigación y el potencial de México para abordar los mercados basados en nanotecnología, así como fincar las bases para la elaboración de un plan de acción que impulse la colaboración entre México y la Unión Europea.

Las principales conclusiones obtenidas para México por los expertos europeos fueron:

- La situación de la investigación en nanociencia y la nanotecnología en México, en general es buena.
- No existe una relación academia-industria y se observa una falta de interés y de recursos para invertir en el desarrollo de nuevos materiales y lograr así, una real competitividad mediante un valor agregado en los productos.
- No existe el suficiente apoyo e información para los investigadores sobre el registro de patentes o la generación de negocios.
- El apoyo creciente de la Secretaria de Economía podría impulsar el desarrollo de la nanotecnología en México.
- México puede llegar a ser competitivo en el desarrollo y la investigación de la nanociencia y la nanotecnología para el tratamiento de las aguas, materiales de construcción y vivienda, así como en los procesos relacionados con el petróleo.

Las recomendaciones concretas de los expertos europeos para el desarrollo de la nanotecnología en México fueron:

- Establecer una red nacional articulada,
- Contar con una Iniciativa o Plan Nacional en términos de la nanociencia y la nanotecnología, y
- Fomentar la movilidad de estudiantes de México a la Unión Europea.

e. Patentes de Nanotecnología en México

El Banco Nacional de Patentes (BANAPA), muestra los siguientes datos con respecto al número de patentes y solicitudes de patentes en el tema de Nanotecnología, usando como palabras clave en singular y plural las que se encuentran en la columna de la izquierda de la siguiente tabla:

Cuadro B.e.1.- Número de solicitudes y patentes en el tema de nanotecnología

Tema	Número de patentes
Otros Campos	758
Nanopartícula	139
Nanotubo	100
Nanocristal	38
Nanométrico	35
Nanoestructura	28
Nanoescala	11
Nanoporo	11
Nanomaterial	4
Nanomaterial	4

Tema	Número de patentes
Nanocápsulas	4
Fullerenos	4
Nanotecnología	2
Nanoalambre	2
Nanoelectrónico	1
Nanocapa	1
Total	1,142

La inmensa mayoría de estas patentes son de extranjeros que están protegiendo sus inventos en México.
En una búsqueda aleatoria en el Banco Nacional de Patentes (BANAPA - NET), no se detectaron patentes en el tema de nanotecnología, cuyos inventores sean de origen mexicano. Solamente existen algunas solicitudes presentadas por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

C. Estrategias y nichos de oportunidad en materia de educación, ciencia, tecnología y políticas públicas en México.

a. Resumen de resultados obtenidos en materia de educación, ciencia y tecnología. Comparación de la situación en México con la situación en los países líderes en materia de investigación básica, desarrollos y aplicaciones de la nanotecnología

A partir de las 56 instituciones del ámbito académico nacional relacionadas con la nanotecnología, con base en las cuales se efectuó una primera aproximación a un inventario nacional de capacidades en esta materia, se percibe cierto nivel de actividad en materia de educación, investigación, desarrollo tecnológico y docencia, aún cuando la misma se visualiza un tanto dispersa y aislada.

Así, en dichas instituciones, por cierto de naturaleza diversa (IES, CPI's y Organismos Descentralizados) y distribuídas en la mayor parte del territorio nacional, se ubican 449 investigadores relacionados con la temática, de los cuales el 29% pertenece a centros CONACYT, el 18% a la Universidad Autónoma de México, el 15% al Instituto Mexicano del Petróleo, el 8% al Instituto Politécnico Nacional y el 30% restante a otras 20 instituciones ubicadas en distintos estados del país.

Con respecto a la formación de recursos humanos, se detectaron 87 programas de posgrado relacionados con la nanotecnología en 27 instituciones. Cabe mencionar que existe un programa de Doctorado en Nanociencias y Nanotecnologías que imparte el IPICYT. En estos programas se encuentran actualmente 257 alumnos de doctorado y 216 de maestría.

En cuanto a la infraestructura para desarrollar investigación en las diferentes áreas de la nanotecnología, se detectaron en el país 157 laboratorios y 17 plantas piloto distribuidas en diferentes instituciones donde se desarrollan 340 líneas de investigación relacionadas. Cabe hacer notar que sólo algunas de las instituciones que albergan estos laboratorios, cuentan con el equipamiento de vanguardia necesario para abordar los temas de frontera del conocimiento en materia de nanociencia y nanotecnología (IIM-UNAM, IMP, IPICYT, CIQA, CIMAV y CENAM).

Se encuentran vigentes asimismo, 191 proyectos de investigación en nanotecnología, concentrando la mayor parte el Instituto de Investigación en Materiales de la UNAM (17%), el CIMAV (15%), el CIQA (13%), el CIE-UNAM (10%) y el IMP (8%). En su gran mayoría, estos proyectos corresponden a ciencia básica o aplicada y son financiados a través de convocatorias de fondos diversos, nacionales e internacionales.

Sobra decir que en el mapa mundial de la nanotecnología, México no aparece, salvo para informar que se encuentra entre los tres países de América Latina que han abordado el tema de la nanotecnología[114]. Corresponde esta situación a la que en general vive el país en materia de competitividad y desarrollo científico tecnológico, bastando para ello recurrir al índice IMD del World Competitiveness Yearbook 2007 que anualmente evalúa a 55 países a través de la aplicación de 323 criterios, algunos de los cuales se relacionan con la ciencia, tecnología e innovación, de tal forma que México pasó de la posición 45 en 2006 a la posición 47 este año[115].

La disparidad en la situación de México con respecto a los países líderes en materia de investigación, desarrollo y aplicación de la nanotecnología es evidente. Prueba de ello son la publicación de artículos científicos relacionados con nanotecnología y la solicitud de registros de patente. En el primer caso, según la Base de Datos ISI Web Knowledge y considerando los artículos publicados relacionados con la nanotecnología durante el periodo 2001-2006, Estados Unidos publica 39 veces lo que México, China 27, Japón casi 18, Alemania 14 e incluso, Brasil duplica la productividad de México.

Cuadro C.a.1.- Artículos publicados relacionados con nanotecnología

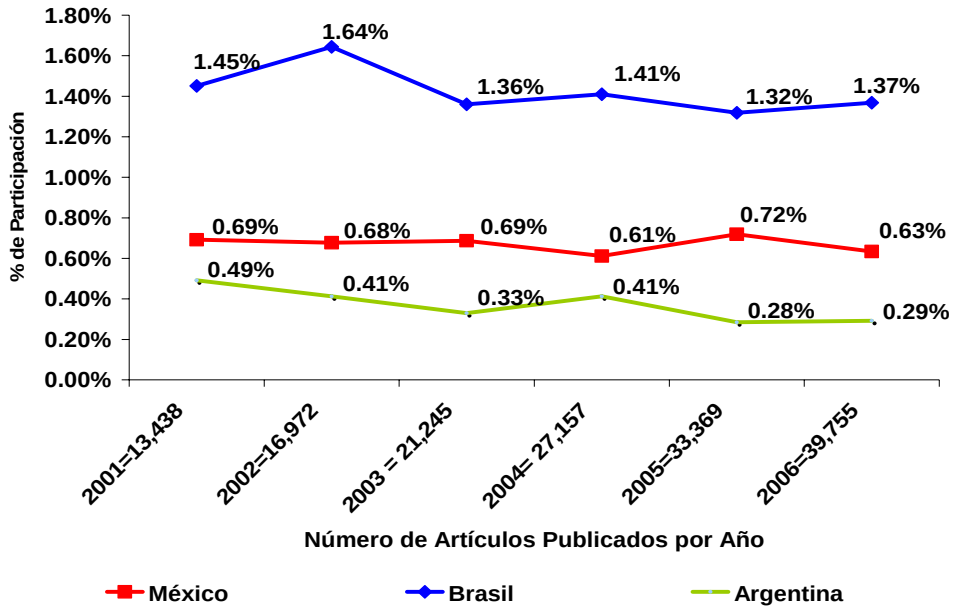
Países	2001-2006
EE.UU	39,180
China	27,138
Japón	17,993
Alemania	13,973
Francia	9,919
Corea del Sur	8,172
Inglaterra	6,399
Rusia	6,144
Italia	5,346

[114] Brasil y Chile son los otros dos.
[115] The world competitiveness scoreboard 2007. http://www.imd.ch/research/publications/wcy/upload/scoreboard.pdf

Países	2001-2006
India	4,803
Brasil	2,130
México	**1,012**
Argentina	529

En 2006, México participó con el 0.63% del total global de artículos publicados en el tema de nanotecnología, comparable con países como Grecia (0.63%), Portugal (0.62%), Irán (0.56%) y Rumania (0.56%). En ese mismo año, Brasil alcanzó el 1.4%. Si bien México no destaca particularmente por su participación, cabe advertir que durante los últimos 5 años mantiene una posición relativamente estable.

Gráfica C.a.1.- Participación de Argentina, Brasil, y México en la Publicación Global de Artículos en Nanotecnología



Con respecto a la protección de la propiedad intelectual, con información obtenida de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), se identificaron a los cinco países que hacen mayor uso del sistema internacional de patentes: Estados Unidos de América, Japón, Alemania, Francia y Reino Unido.

Cuadro C.a.1.- Solicitudes de Patentes

Solicitudes internacionales PCT 15 países/regiones en los que se originó el mayor número de solicitudes	2001	2002	2003	2004	2005
Estados miembros de la Oficina Europea de Patentes	40.633	42.447	43.205	44.010	47.239
Estados Unidos de América	43.055	41.294	41.026	43.342	46.019
Japón	11.904	14.063	17.414	20.263	24.815
Alemania	14.031	14.326	14.662	15.213	15.995
Francia	4.707	5.089	5.171	5.184	5.737
Reino Unido	5.482	5.376	5.206	5.028	5.114
República de Corea	2.324	2.520	2.949	3.556	4.685
Países Bajos	3.410	3.977	4.479	4.283	4.516
Suiza	2.349	2.755	2.861	2.899	3.259
Suecia	3.421	2.990	2.612	2.849	2.855
China	1.731	1.018	1.295	1.705	2.500
Italia	1.623	1.982	2.163	2.192	2.354
Canadá	2.114	2.260	2.270	2.104	2.321
Australia	1.664	1.759	1.680	1.837	1.984
Finlandia	1.696	1.762	1.557	1.672	1.888
Todos los demás	3.720	3.573	3.833	5.096	6.208
Total	108.231	110.391	115.202	122.640	135.602

Fuente: Base de datos de estadísticas de la OMPI

En 2005, las solicitudes internacionales recibidas de países en desarrollo aumentaron de 24.8% en comparación con 2004, representando el 6.9% del total de solicitudes internacionales presentadas. En algunos países en desarrollo se produjeron aumentos del 10% en particular, China, México y la República de Corea[116].

Cuadro C.a.2.- Solicitudes de Patentes de Países en Desarrollo

[116] El Sistema Internacional de Patentes en 2005. Reseña Anual de la Cooperación en Materia de Patentes (PCT). Organización Mundial de la Propiedad Intelectual

El PCT y los países en desarollo	2002	2003	2004	2005
República de Corea	2.520	2.949	3.556	4.685
China	1.018	1.295	1.705	2.500
India	525	764	723	678
Singapur	330	282	432	441
Sudáfrica	384	357	411	358
Brasil	201	219	279	280
México	132	131	118	140
Egipto	1	22	53	51
Malasia*	18	31	45	37
Chipre	23	28	43	29
Filipinas	20	21	11	27
Colombia	36	24	22	23
Argentina*	9	15	11	21
Cuba	11	20	18	11
Marruecos	10	7	7	9
Kazajstán	16	7	7	7
Indonesia	16	2	6	7
Argelia	3	5	6	4
República Popular Democrática de Corea	0	3	3	3
Zimbabwe	2	2	3	2
Uzbekistán	2	0	0	2
Viet Nam	2	7	2	0

Fuente: Base de datos de estadísticas de la OMPI

* Si bien no se trata de un Estado contratante del PCT, los solicitantes que son nacionales y/o residentes de este Estado (o de cualquier otro Estado que no sea un Estado contratante del PCT) pueden presentar una solicitud PCT junto con otro solicitante que sea nacional y/o residente de un Estado contratante del PCT.

b. Resumen de resultados obtenidos en materia de política pública y comparación de la situación en México con los países con éxito en el desarrollo del sector.

Como se menciona en el capítulo de análisis internacional en el presente estudio, el desarrollo de la nanotecnología en el mundo es conducido fundamentalmente por tres países líderes quienes aportan más del 50% de la inversión mundial en esta disciplina. Estos países (Estados Unidos, Japón y Alemania) entre otros, cuentan con políticas públicas que norman su actuación y constituyen un marco de referencia para la investigación, el desarrollo y la innovación de la nanotecnología.

Las políticas implementadas por los países líderes, han sido el resultado de cerca de diez años de trabajos relacionados con la nanotecnología y se dirigen fundamentalmente a dos aspectos (1) El impulso a la investigación, desarrollo e innovación de la nanotecnología y (2) El impacto social asociado con su desarrollo y comercialización.

Respecto al impulso de la nanotecnología, las políticas adoptadas por los países líderes se centran en establecer la normatividad bajo la cual opera el órgano responsable a nivel nacional (iniciativa, fundación o programa) y los compromisos de los gobiernos federales para apoyar su operación. Los conceptos involucrados en la formulación de estas políticas, tienen que ver con la inversión gubernamental para la operación de los centros e instituciones relacionadas con la nanotecnología, el marco jurídico y fiscal para apoyar su actividad, la creación de nueva infraestructura científica y tecnológica, el apoyo a la educación interdisciplinaria con orientación científica, la formación de redes especializadas en las áreas de desarrollo y la creación de

condiciones favorables para que la innovación industrial sea llevada a cabo. En este último sentido, las políticas gubernamentales promueven la investigación derivada de necesidades específicas e incentivan a las empresas para que implementen los resultados del desarrollo tecnológico creando y comercializando nuevos productos que adopten estas tecnologías.

En lo que se refiere al impacto social derivado del desarrollo y aplicación de la nanotecnología, las políticas se centran en crear las condiciones favorables para que por un lado, se dediquen esfuerzos serios y focalizados a determinar los efectos que el uso de la nanotecnología tiene sobre la salud, la seguridad y el medio ambiente y por otro, crear los foros de expresión necesarios para que la población en general conozca de los desarrollos en nanotecnología y de sus riesgos e implicaciones. Así mismo que participe en la formulación de estrategias y normas dirigidas a que el uso de materiales con nanopartículas sea seguro para las personas, los animales y el medio ambiente. En este sentido, se promueve la cooperación interdisciplinaria e internacional para enriquecer el conocimiento de los efectos derivados del uso de nanopartículas y formular políticas y regulaciones globales que minimicen los riesgos de la fabricación, uso y disposición final de productos conteniendo este tipo de materiales.

Dado que en México la investigación de la nanotecnología es incipiente comparada con el avance logrado por otros países, no existen a la fecha políticas públicas específicas que normen su desarrollo. Es de vital importancia que se tomen acciones por parte del gobierno federal en este sentido, ya que independientemente del nivel de desarrollo nacional de esta disciplina, no estamos exentos de la importación de productos que contengan nanopartículas y es necesario establecer las políticas necesarias para evitar los riesgos derivados de su utilización y disposición final.

De hecho, uno de los propósitos fundamentales del presente trabajo es analizar la situación nacional e internacional de la investigación, desarrollo e innovación de la nanotecnología y proponer políticas y estrategias claras que nos permitan establecer las bases para un desarrollo sustentable y confiable en esta materia. Debemos aprovechar la oportunidad que se nos presenta derivada de las experiencias que los países mas desarrollados han tenido en búsqueda de su consolidación como líderes en esta materia.
A pesar de que en América Latina el desarrollo de la nanotecnología es muy modesto respecto al de otros bloques económicos (forma parte del 3% de la inversión mundial), es interesante resaltar los esfuerzos que ha realizado Brasil para definir y establecer sus políticas y estrategias dirigidas al fomento de esta rama de la ciencia. En 2001 inició la primera acción del gobierno brasileño para el desarrollo de la nanotecnología cuyo objetivo era fomentar la constitución y consolidación de redes cooperativas integradas de investigación de carácter multidisciplinario y nacional.

Por este medio, el gobierno brasileño pretendía iniciar un proceso de creación y consolidación de competencias nacionales, identificar grupos de investigación que pudieran desarrollar proyectos relacionados y estimular la articulación de estos grupos

con empresas interesadas en desarrollar los resultados derivados de la investigación. Tal vez este pudiera ser un buen inicio para México.

En el último inciso de esta misma sección se proponen una serie de políticas que México pudiera implementar para el desarrollo de la nanotecnología, tomando en consideración tanto la investigación e innovación como los aspectos sociales derivados de su desarrollo.

c. Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas

Fortalezas

- Se cuenta con proyectos en colaboración de empresas y centros e instituciones de investigación para la creación de nuevos negocios
- Presencia de empresas manufactureras nacionales con proyectos de nanotecnología en desarrollo
- Presencia de empresas internacionales con posibilidades de adopción, adaptación y desarrollo de nuevas tecnologías
- Infraestructura básica de investigación
- Masa crítica para investigación y desarrollo en las plataformas tecnológicas con capacidades para su desarrollo en México
- Cobertura nacional de los grupos de investigación científica
- Acuerdos y tratados internacionales
- Disponibilidad de recursos naturales (plata y otros materiales orgánicos e inorgánicos)

Debilidades

- Carencia de un programa o iniciativa nacional de nanotecnología
- Carencia de ámbitos colaborativos entre los diferentes grupos de investigación
- Escaso presupuesto fiscal dedicado a la CyT y por ende a la nano
- Inexistencia de un modelo de transferencia del conocimiento a la sociedad
- Falta de apreciación social de la ciencia
- Dependencia tecnológica del exterior
- Amplio sector de MYPIMES sin capacidad de inversión en tecnologías
- Falta de cultura empresarial en inversiones de riesgo
- Desconfianza empresarial hacia desarrollos mexicanos
- Falta de equipo científico de vanguardia y de plantas piloto
- Nivel de educación en todos los niveles
- Desconocimiento de los programas y apoyos gubernamentales orientados a la investigación y el desarrollo
- Excesivos trámites y burocracia pesada

Oportunidades

- Posibilidad de incorporarse a la megatendencia de la nanotecnología
- Cercanía geográfica con EUA
- Explotar los nichos en los que México cuenta con ventajas competitivas
- Amplio mercado potencial de productos nanotecnológicos
- Colaboración y cooperación internacional
- Impulso simultáneo del avance en nanotecnología y el estudio de riesgos
- Existen opciones pertinentes para la formación y capacitación de recursos humanos
- Formación de redes nacionales de nanotecnología de carácter incluyente
- Acceso a fuentes internacionales de financiameiento
- No existe el involucramiento de los proveedores para el desarrollo de proyectos de investigación y creación de nuevos negocios

Amenazas

- Ampliación de la brecha tecnológica con respecto a países más avanzados
- Desconocimiento de riesgos ambientales, en la seguridad y en la economía
- Formación de grupos radicales que aprovechando la ignorancia acerca del tema, obstaculicen su desarrollo
- Pérdida de ventajas competitivas ante la competencia de países como China, India, Singapur, etc. debido a la falta de desarrollo tecnológico
- Crisis financiera en el ámbito internacional
- Cambios imprevistos en las prioridades nacionales

d. Políticas públicas que México debe implementar para desarrollar la nanotecnología

Las fortalezas de los distintos países con investigación y desarrollo en nanotecnología, se basan en la instrumentación de iniciativas y/o programas de desarrollo, así como en el establecimiento de políticas nacionales que propician la optimización de sus recursos humanos, financieros y de su infraestructura. Dichas políticas, establecen objetivos y estrategias encaminadas en un sentido de integración y colaboración entre gobierno, industria e instituciones y organizaciones de investigación y desarrollo, con la finalidad de obtener resultados con pertinencia y fácil inserción en los mercados nacionales e internacionales.

Así, México deberá centrarse primeramente en establecer políticas que busquen la mejora de sus capacidades de forma efectiva, así como en la identificación de sus áreas de oportunidad, aprovechando el impulso internacional en la materia, adoptando y adaptando a su entorno y situación actual, las experiencias de los países precursores.

A continuación se presentan las políticas, objetivos y estrategias que en materia de nanotecnología se consideran fundamentales para el país.

Política:

Creación de una iniciativa nacional que impulse la nanociencia y la nanotecnología, constituyendo el marco de referencia para las actividades de investigación, desarrollo e innovación en el ámbito nacional.

Objetivo:

Orientar las actividades de I+D+I de los centros de investigación, centros tecnológicos, IES, de los parques tecnológicos y las plataformas tecnológicas al impulso de la temática, en particular hacia los nichos de oportunidad y fortaleza del país, iniciando con ello, un proceso de creación y consolidación de las competencias nacionales.

Estrategias:

- Promover la creación de redes de conocimiento y desarrollo que permitan optimizar la disponibilidad de infraestructuras de uso interdisciplinario, así como incrementar los niveles de generación de conocimiento en la temática.
- Articular las redes e instituciones de investigación con el sector productivo.
- Crear programas orientados a las empresas del sector industrial, que movilicen su participación en la I+D+I
- Crear grupos público-privados de reflexión, análisis y discusión en temas de interés estratégico nacional que impulsen la mejora de la capacidad tecnológica que conduzca a una competitividad creciente del sector productivo.
- Fortalecer la protección de la propiedad intelectual.
- Difundir de los resultados de la I+D+I en la temática, así como la oferta de financiamiento con fondos públicos, las ayudas a la industrialización y las ventajas de la creación de empresas de base tecnológica.
- Promover la interacción interdisciplinaria con organismos de investigación y desarrollo internacionales que propicien el intercambio de conocimiento y nuevas tecnologías.
- Promover la internacionalización de las actuaciones de I+D, contribuyendo a la plena participación de los grupos de investigación en programas y organismos internacionales.

Política:

Creación de un fondo público destinado a la inversión en I+D+I de la Nanociencia y Nanotecnología

Objetivo:

Prever los recursos presupuéstales necesarios para el financiamiento de las actividades encaminadas I+D+I de la temática.

Estrategias:

- El otorgamiento de los recursos será evaluado por la Iniciativa Nacional, priorizando las actividades de mayor pertinacia.
- Establecer mecanismos para el otorgamiento de estímulos fiscales a aquellas empresas que dentro de sus actividades de I+D+I utilicen la nanotecnología.
- Se otorgarán recursos a las instituciones nacionales para la creación de programas interdisciplinarios de ingeniería y ciencias con mentalidad empresarial, vitales para el desarrollo de la nanotecnología.
- Fortalecer la infraestructura para investigación y desarrollo, tomando en cuenta tanto las necesidades de la industria como de las instituciones de investigación y desarrollo.
- Se realizará un seguimiento los proyectos y actividades financiadas, así como evaluar los resultados.

Política:

Impulsar una I+D+I responsable, sustentada en la normatividad nacional e internacional.

Objetivo:

Evitar o reducir los efectos negativos ambientales y sociales que pudiera implicar la I+D+I en nanotecnología

Estrategias:

- Integrar una comisión de expertos para evaluar los aspectos regulatorios normativos y de seguridad
- Emitir la legislación necesaria para normar los aspectos de impacto ambiental, salud pública y seguridad en el uso y aplicación la nanotecnología.
- Puntualizar aspectos de salud pública, salud y seguridad ocupacional y riesgos ambientales y del consumidor en los productos basados en nanotecnología desde su concepción.
- Respetar los principios éticos e integrar consideraciones sociales en los procesos de investigación y desarrollo desde sus inicios.
- Realizar pruebas que garanticen la seguridad a largo plazo del uso y manejo de productos basados en nanotecnología.

Política:

Favorecer la formación de Recursos Humanos competentes en nanotecnología.

Objetivo:

Contar con Recursos Humanos Nacionales calificados con educación y el entrenamiento interdisciplinario para la I+D en Nanotecnología

Estrategias:

- Incorporación de los conceptos, aplicaciones e implicaciones de nanotecnología en la educación a partir nivel básico.
- Las instituciones de educación superior deberán formar, especializar y capacitar a investigadores y tecnólogos con carácter interdisciplinario, así como a personas dedicadas a la administración de la I+D, aplicando criterios de excelencia científica y oportunidad.
- Aprovechar las estructuras promotoras de cultura científica para incrementar la opinión de la ciudadanía y trasladar correctamente los avances en la temática.

Política

Incorporar la nanotecnología en las prioridades de política de desarrollo industrial como un elemento estratégico para la competitividad y crecimiento del sector industrial

Objetivo

Posicionar el tema de la nanotecnología como un elemento vital para la competitividad

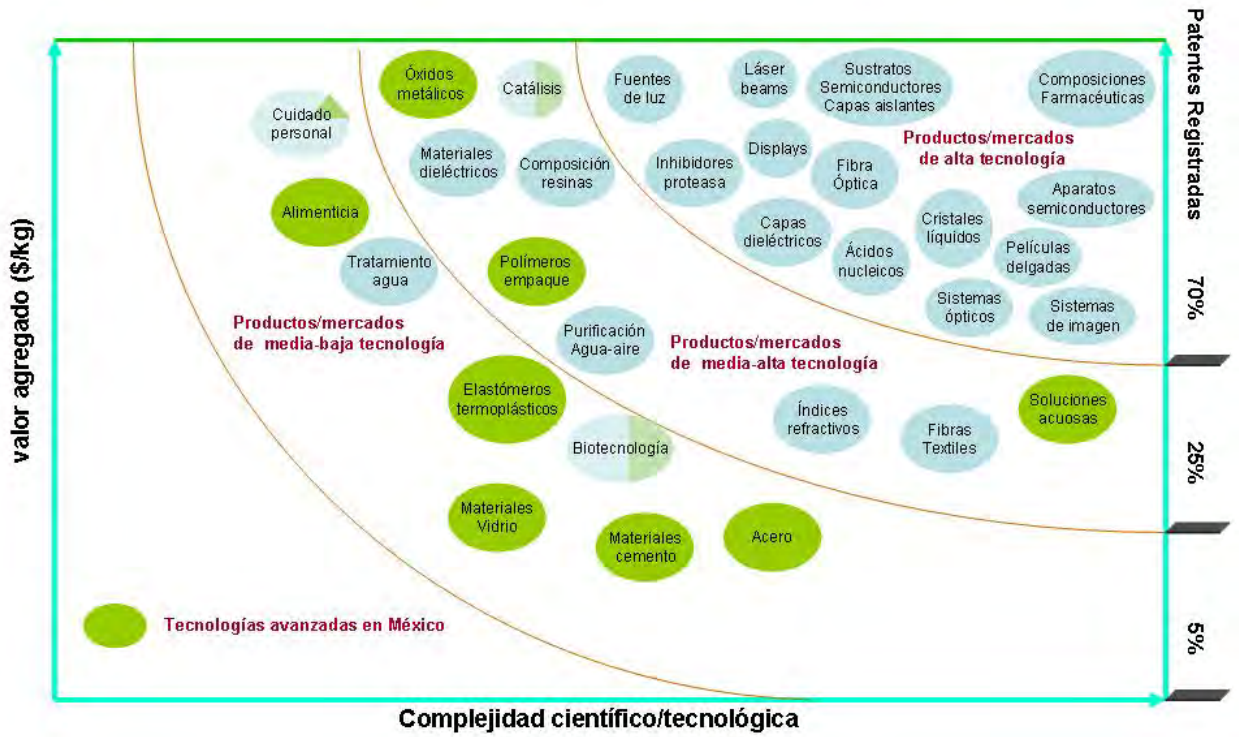
Estrategias

- Enunciar en el programa de desarrollo industrial el fomento, apoyo y desarrollo de nanotecnología
- Establecer fondos de capital semilla y/o de riesgo para establecer nuevos negocios
- Favorecer el campo de la nanotecnología en los programas de estímulos fiscales
- Proporcionar recursos para la integración de expertos (científicos y tecnólogos) a la industria
- Creación de un fondo específico de apoyo a proyectos de desarrollo de productos y procesos en la tematíca de la nanotecnología propuesto en el sector productivo
- Proporcionar recursos en programas de entrenamiento de técnicos y especialistas en nanotecnología para la industria
- Fomentar y apoyar la creación de incubadoras y parques científico-tecnológicos en el área de la nanotecnología
- Apoyar la formulación y registro de la propiedad industrial de la nanotecnología (patentes, derechos de autor, secretos industriales, diseños, marcas, etc.)

e. Estrategias y nichos en los que México tiene o puede desarrollar ventajas competitivas y estrategias para desarrollar nichos con ventajas competitivas.

i. Nichos por plataforma tecnológica y aplicación a la industria manufacturera

Imagen C.e.i.1.- Mapa de valor de productos nanotecnológicos.



Plataformas tecnológicas a partir de competencias clave

1. Nanopartículas- Sol Gel
2. Nanopartículas-Métodos Físicos (Molienda)
3. Nanopartículas- Alta temperatura
4. Nanoestructuras Inorgánicas- Vía Húmeda/Sol Gel
5. Nanoestructuras Inorgánicas- Métodos Físicos (SPS)
6. Nanoestructuras Poliméricas- Compositos/Composites

7. Nanoestructuras Poliméricas- Síntesis
8. Simulación Computacional- Métodos Multiescalas
9. Nanobiotecnología- Microemulsión/Sol Gel
10. Nanobiotecnología- Condensación de Vapor
11. Nanometrología- Creación de patrones de medición
12. Procesos y equipos- Diseño de procesos y equipo para síntesis

Imagen C.e.i.2.- Aplicación en la industria manufacturera para cada plataforma tecnológica con base en el conocimiento de los productos y procesos

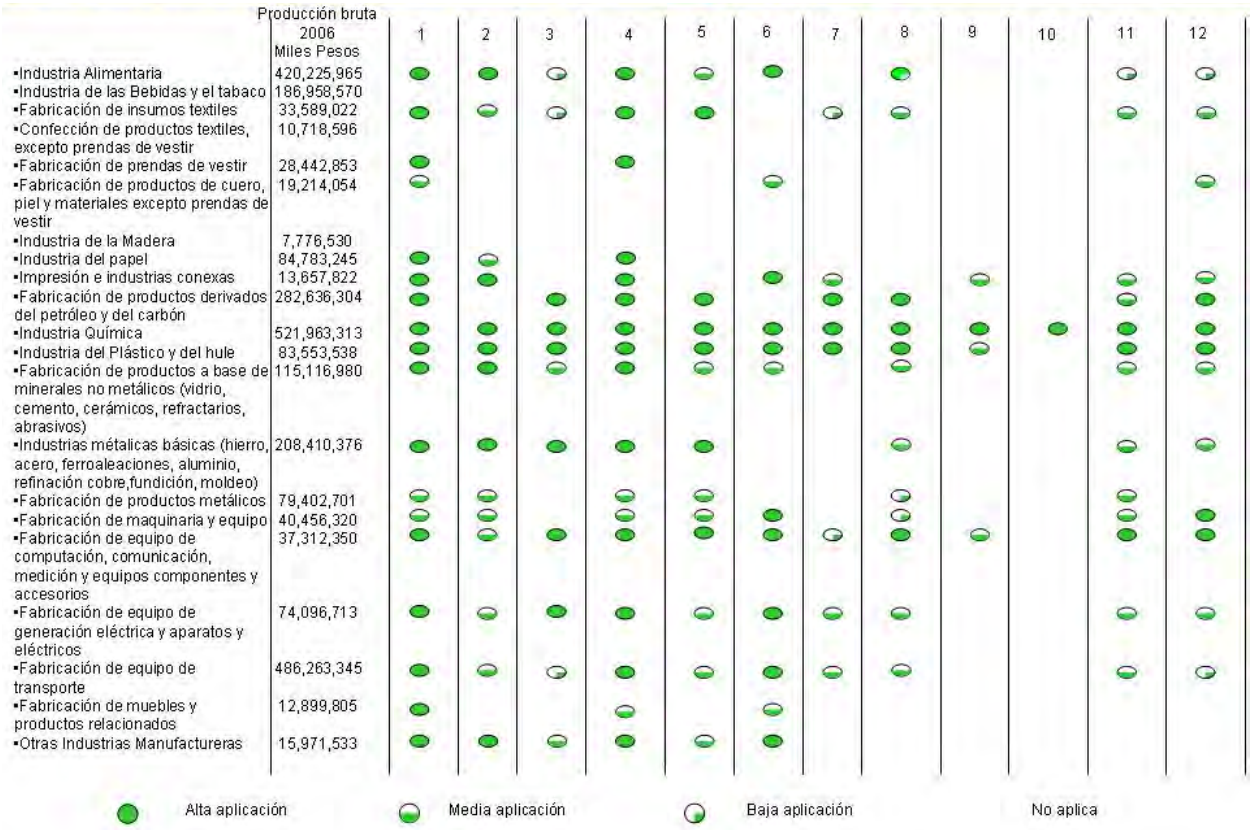
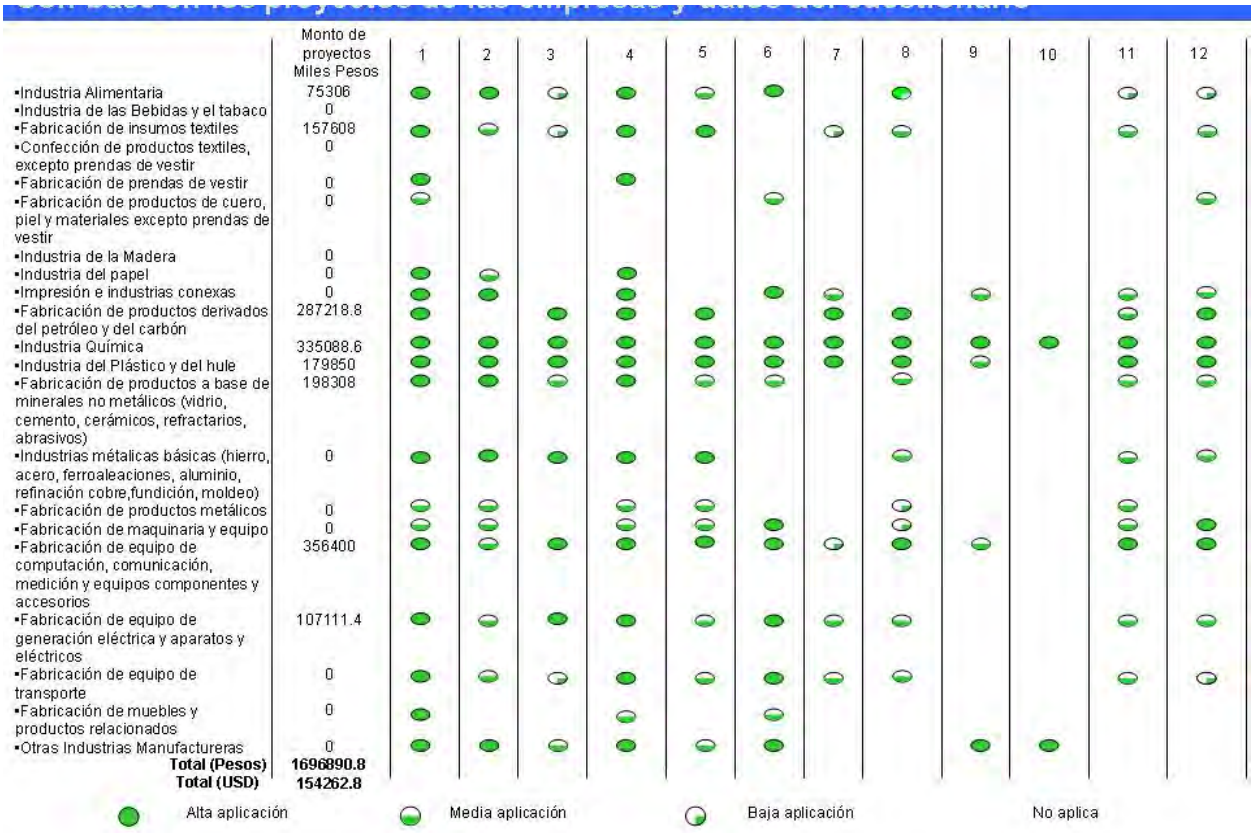


Imagen C.e.i.3.- Aplicación en la industria manufacturera para cada plataforma tecnológica con base en los proyectos de las empresas y datos del cuestionario



	Monto de proyectos Miles Pesos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
•Industria Alimentaria	75306	●	●	◒	●	◒	●		●			◒	◒
•Industria de las Bebidas y el tabaco	0												
•Fabricación de insumos textiles	157608	●	◒	◒	●	●		◒	●			●	●
•Confección de productos textiles, excepto prendas de vestir	0												
•Fabricación de prendas de vestir	0	●			●								
•Fabricación de productos de cuero, piel y materiales excepto prendas de vestir	0	◒					◒						◒
•Industria de la Madera	0												
•Industria del papel	0	●	◒		●								
•Impresión e industrias conexas	0	●	●		●		●	◒		◒		●	●
•Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	287218.8	●		●	●	●		●	●			●	●
•Industria Química	335088.6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
•Industria del Plástico y del hule	179850	●	●	●	●	●	●	●	●	◒		●	●
•Fabricación de productos a base de minerales no metálicos (vidrio, cemento, cerámicos, refractarios, abrasivos)	198308	●	●	◒	●	◒	◒		◒			◒	◒
•Industrias métalicas básicas (hierro, acero, ferroaleaciones, aluminio, refinación cobre,fundición, moldeo)	0	●	●	●	●	●			◒			◒	◒
•Fabricación de productos metálicos	0	◒	◒		◒	◒			◒			◒	
•Fabricación de maquinaria y equipo	0	◒	◒		◒	◒	●		◒			◒	●
•Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y equipos componentes y accesorios	356400	●	◒	●	●	●	●	◒	●	◒		●	●
•Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos y eléctricos	107111.4	●	◒	●	●	◒	●	◒	◒			◒	◒
•Fabricación de equipo de transporte	0	●	◒	◒	●	◒	●	◒	◒			◒	◒
•Fabricación de muebles y productos relacionados	0	●			◒		◒						
•Otras Industrias Manufactureras	0	●	●	◒	●	◒	●			●	●		
Total (Pesos)	**1696890.8**												
Total (USD)	**154262.8**												

● Alta aplicación ◒ Media aplicación ◒ Baja aplicación No aplica

Conclusiones

a. Las plataformas tecnológicas con mayores posibilidades son las referidas a Sol Gel, Molienda, Vía Húmeda/Sol Gel, Compósitos, Modelación y Diseño de Equipo

b. Los giros industriales con altas posibilidades de proyectos y uso de la nanotecnología son:

- Industria Química
- Industria del Plástico y del Hule
- Industria del Petróleo
- Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos eléctricos
- Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y equipos, componentes y accesorios
- Fabricación de productos a base de minerales no metálicos (vidrio, cemento, cerámicos, refractarios, abrasivos)
- Industrias métalicas básicas (hierro, acero, ferroaleaciones, aluminio, refinación, cobre, fundición, moldeo)
- Industria Alimentaria

c. Aunque las otras empresas no tengan proyectos se dejan las posibilidades de uso de cada plataforma tecnológica

d. Se observa que las empresas son muy similares a las definidas como dirección estratégica ya que es el tipo de empresa que participa en forma más activa en México

ii. Cadenas productivas por segmento

Imágenes C.e.ii.1.- Mapas de cadenas productivas por segmento

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Plásticos y Hules

Nombre de la empresa: Polímeros Nacionales S.A. de C.V.
Contacto: Ing. Gabriel Reyes Osorio
Competencia clave: Materiales poliméricos nanoestructurados
Producción POLIFORTE PP/año: 2,500
Tipo de nanopartículas: nanoarcillas, óxidos inorgánicos
Total Nanopartículas (kg/año): 100,000

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Plásticos y Hules

Nombre de la empresa: Indelpro S.A. de C.V.
Contacto: Ing. Luis Longoria Lugo
Competencia clave: Materiales poliméricos nanoestructurados
Producción PP piezas inyectadas/año: 6,000
Tipo de nanopartículas: nanoarcillas, óxidos inorgánicos
Total Nanopartículas (kg/año): 240,000

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Plásticos

Nombre de la empresa: CID Centro de Investigación y Desarrollo (DESC)
Contacto: Ing. Alfonso González Montiel
Competencia clave: Materiales poliméricos nanoestructurados
Producción Mezcla de polímeros y nanocompuestos (ton/año): 450
Producción de piezas inyectadas (piezas/año): 300,000
Tipo de nanopartículas: nanoarcillas, óxidos inorgánicos
Total Nanopartículas (kg/año): 36,000

MATERIAS PRIMAS	FABRICANTES MASTERBATCH CID	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	APLICACIÓN FINAL
Polímeros base	Polímeros formulados	Producción de plásticos	Plásticos
Cargas funcionales	Cargas funcionales	Inyección de piezas	Piezas plástico
Aditivos	Aditivos especiales		
Nanopartículas			

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Electrónica

Nombre de la empresa: Sony de Tijuana Este
Contacto: Horman Millan/ Judith Amaral
Competencia clave: Materiales poliméricos nanoestructurados
Producción pantallas planas, : confidencial
Producción de modulares de audio: confidencial
Tipo de nanopartículas: nanoarcillas, óxidos inorgánicos
Total Nanopartículas (kg/año): confidencial

MATERIAS PRIMAS	FABRICANTES MASTERBATCH	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	APLICACIÓN FINAL
Polímeros base	Polímeros formulados	Inyección de plásticos	Pantallas planas
Cargas funcionales	Cargas funcionales		Modulares de audio
Aditivos	Aditivos especiales		
Nanopartículas			

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Electrónica

Nombre de la empresa: Vitromex de Norteámerica
Contacto: Ing. Simón Mata
Competencia clave: Nanopartículas
Producción recubrimiento cerámico para piso (m2/año): 32,000,000
Tipo de Nanopartículas: óxidos inorgánicos y metales
Total Nanopartículas (kg/año): 28,000

MATERIAS PRIMAS	FABRICANTE	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	APLICACIÓN FINAL
Óxidos cerámicos Aditivos	Calcinación Nanopartículas	Cerámico	Pisos de menor peso y mayor resistencia

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Electrónica

Nombre de la empresa: Kemet de México S.A. de C.V.
Contacto: Ing. Simón Mata
Competencia clave: Materiales inorgánicos nanoestructurados
Producción capacitores de tantalio (piezas/año): 3,600,000,000
Tipo de Nanopartículas: metales
Total Nanopartículas (kg/año): 5,400

MATERIAS PRIMAS	FABRICANTE	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	APLICACIÓN FINAL
Tantalio Solución electrolítica	Proceso de electrólisis Nanoestructura	Capacitor	Capacitor de alto contenido de tantalio

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Industria Eléctrica

Nombre de la empresa: Antiestática de México S.A. de C.V.
Contacto: Matías Aliseda
Competencia clave: Materiales poliméricos nanoestructurados
Producción taloneras, pulseras, batas y charolas disipativas piezas/año: 554,000
Tipo de nanopartículas: nanoarcillas, óxidos inorgánicos
Total Nanopartículas (kg/año): 3,324

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Industria Eléctrica

Nombre de la empresa: Servicios Condumex S.A. de C.V.
Contacto: Ing. Juan Manuel Hernández Hernández
Competencia clave: Materiales poliméricos nanoestructurados
Producción Cable de energía ton/año:900
Tipo de nanopartículas: nanoarcillas, óxidos inorgánicos
Total Nanopartículas (kg/año): 6,750

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Industria Eléctrica

Nombre de la empresa: Viakable
Contacto: Ing. Sergio A. MontesValdez
Competencia clave: Materiales inorgánicos nanoestructurados
Producción cable eléctrico (ton/año): 100,000
Tipo de Nanopartículas: Nanotubos de carbono
Total Nanopartículas (kg/año): 900

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Cementos

Nombre de la empresa: Dynasol Elastomeros S.A. de C.V.
Contacto: Walter Ramírez
Competencia clave: Materiales poliméricos nanoestructurados
Producción hule solprene 1205 (ton/año): 70,000
Tipo de nanomaterial: metalocenos
Total Nanopartículas (kg/año): confidencial

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Cementos

Nombre de la empresa: Cemex Central S.A. de C.V.
Contacto: Ing. Maria Claudia Ramírez
Competencia clave: Nanopartículas
Producción cemento, agregados (ton/año): confidencial
Tipo de nanomaterial: óxidos inorgánicos
Total Nanopartículas (kg/año): confidencial

Piedra caliza Óxido de aluminio Óxido de silicio Óxido de hierro Nanopartículas	Obtención de clinker Molienda Clasificación	Cementos	Industria de la construcción

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Cementos

Nombre de la empresa: Palau Bioquim S.A. de C.V.
Contacto: Benito Canales López
Competencia clave: Nanobiotecnología
Producción Algaenzims(l/año): 50,000, Algaroot (l/año): 5,000
Tipo de nanomaterial: Complejos enzimáticos y no enzimáticos y catalizadores
Total Nanopartículas (kg/año): Se desconoce

Algas marinas	Tratamiento biológico	Complejo de microorganismos vivos	Remediación de suelos

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Biotecnología

Nombre de la empresa: Coyotefoods Biopolymer and Biotechnology SLRMI
Contacto: Juan Carlos Contreras Esquivel
Competencia clave: Nanopartículas, Materiales inorgánicos nanoestructurados, Nanobiotecnología
Producción oligosacáridos de quitosán(kg/año): 10, Genipina(kg/año): 5, Pectina (kg/año) 2, polisacaridas (unidades/año): 10,000
Tipo de nanomaterial: Carbohidratos, Complejos enzimáticos y no enzimáticos y nanofibras de biopolímeros
Total Nanopartículas (kg/año): 2.5

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Metales-Equipos

Nombre de la empresa: Mabe S.A. de C.V.
Contacto: Ing. Francisco Anton Gabelich
Competencia clave: Materiales poliméricos nanoestructurados
Producción Refrigeradores y Lavadoras piezas/año: 7,000,000
Tipo de nanopartículas: nanoarcillas, óxidos inorgánicos
Total Nanopartículas (kg/año): 70,000

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Pinturas y Recubrimientos

Nombre de la empresa: Grupo Comex
Contacto: Luselene Rincón Arguelles
Competencia clave: Materiales poliméricos nanoestructurados
Producción pinturas y recubrimientos (l/año): 200,000,000
Tipo de nanomaterial: Polímeros con nanoarcillas
Total Nanopartículas (kg/año): confidencial

MATERIAS PRIMAS	FABRICANTE	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	APLICACIÓN FINAL
Base Polimérica Aditivos Nanoarcillas	Mezclado y preparación de masterbatch	Pinturas y recubrimientos	Pintura con mayor poder cubriente Pintura con mejores propiedades al intemperismo Pinturas especiales

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Pinturas y Recubrimientos

Nombre de la empresa: Adler de México S.A. de C.V.
Contacto: Ing. José Luis Stone Aguilar
Competencia clave: Nanopartículas
Producción pinturas (litros/año): 300,000
Tipo de Nanopartículas: óxidos inorgánicos
Total Nanopartículas (kg/año): 1,440

MATERIAS PRIMAS	FABRICANTE	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	APLICACIÓN FINAL
Base epóxica o metacrilato Aditivos Nanopartículas	Mezcla de ingredientes	Pinturas	Pinturas de señalización Pinturas para pisos

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Pinturas y Recubrimientos

Nombre de la empresa: Pinturas del Bajío S.A. de C.V.
Contacto: Rodolfo Zanella Almaza
Competencia clave: Nanopartículas
Producción recubrimientos epóxicos (litros/año): 45,000
Producción recubrimientos de poliuretano (litros/año): 40,000
Tipo de Nanopartículas: óxidos inorgánicos
Total Nanopartículas (kg/año): 2,832

MATERIAS PRIMAS	FABRICANTE	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	APLICACIÓN FINAL
Base epóxica o poliuretano	Mezcla de ingredientes	Recubrimientos	Recubrimientos anticorrosivo
Aditivos			Recubrimientos alta resistencia mecánica
Nanopartículas			Recubrimientos alta temperatura
			Recubrimientos antiadherentes

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Pinturas y Recubrimientos

Nombre de la empresa: Prolec GE
Contacto: Alfonso M Delgado Cruz
Competencia clave: Materiales inorgánicos nanoestructurados
Producción transformadores de potencia (unidades/año): 450
Producción transformadores de distribución residencial (unidades/año): 160,000
Tipo de nanomaterial: metales
Total Nanopartículas (kg/año): no se conoce

MATERIAS PRIMAS	FABRICANTE	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	APLICACIÓN FINAL
Resinas	Moldeo	Transformadores	Transformadores de potencia
Alambre	Curado		Transformadores residenciales
Piezas	Terminado		Transformadores comerciales e industriales
Aditivos			
Nanomateriales			

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Industria Química

Nombre de la empresa: Servicios Industriales Peñoles S.A. de C.V.
Contacto: Ing. Ricardo Benavides Pérez
Competencia clave: Nanopartículas
Producción plata (onzas/año):100,000,000, oro (onzas/año): 1,600,000
Producción zinc (ton/año): 240,000, hidróxido de magnesio (ton/año): 50,000
Tipo de Nanopartículas: Plata, oro, zinc, hidróxido de magnesio
Total Nanopartículas (kg/año): 1415

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Industria Química

Nombre de la empresa: Nanosoluciones S.A. de C.V.
Contacto: Ing. Raúl Tafolla Rodríguez
Competencia clave: Nanopartículas
Producción: Confidencial
Tipo de Nanopartículas: Confidencial
Total Nanopartículas (kg/año): Confidencial

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Petróleo y sus Derivados

Nombre de la empresa: PEMEX Refinación
Contacto: René Zarate Ramos
Competencia clave: Nanopartículas, Materiales inorgánicos nanoestructurados
Producción gasolina premium (barriles/año): 95,000,000, Gasolina Magna (barriles/año): 45,000,000, Diesel (barriles/año) 208,000,000, Combustóleo (barriles/año): 140,000,000
Tipo de nanomaterial: catalizadores, óxidos inorgánicos nanoestructurados
Total Nanopartículas (kg/año): confidencial

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Vidrio

Nombre de la empresa: Vitro corporativo S.A. de C.V.
Contacto: Ing. Alfredo Martínez Soto
Competencia clave: Nanopartículas
Producción vidrio plano y automotriz (ton/año): 1.080,000
Tipo de Nanopartículas: óxidos inorgánicos
Total Nanopartículas (kg/año): 172,800

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Vidrio

Nombre de la empresa: Owens Corning México
Contacto: Ing. Salvador Valtierra
Competencia clave: Nanopartículas, Materiales inorgánicos nanoestructurados
Producción fibra de vidrio (ton/año): 32,400
Tipo de Nanopartículas: óxidos inorgánicos, óxidos cerámicos
Total Nanopartículas (kg/año): 81,000

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Textiles

Nombre de la empresa: 3M de México
Contacto: Ing. Mauricio Rui
Competencia clave: Nanopartículas
Producción fibra no tejida (m2/año): 25,000,000
Producción de fibras para el aseo (m2/año): 2,000,000
Tipo de nanopartículas: plata
Total Nanopartículas (kg/año): 900

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Textiles

Nombre de la empresa: Kaltex Fibers S.A. de C.V.
Contacto: Ing. José de Jesús de la Torre Martín del Campo
Competencia clave: Nanopartículas
Producción fibra acrílica (ton/año): 75,000
Producción de fibra corta a partir de cable (ton/año): 45,000
Tipo de Nanopartículas: óxidos inorgánicos
Total Nanopartículas (kg/año): 120,000

Mapas de la Cadena Productiva. Segmento Industria Alimentaria

Nombre de la empresa: Sigma Alimentos
Contacto: Ing. Rodolfo Brajcich
Competencia clave: Materiales poliméricos nanoestructurados
Producción yogurt/año: 45,000
Tipo de nanopartículas: nanoarcillas, óxidos inorgánicos
Total Nanopartículas (kg/año): 91280

D. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El impulso a la nanociencia y la nanotecnología en México, pudiera significar para el país la oportunidad para mejorar su posición competitiva y la disminución de la brecha tecnológica con respecto a otros países, así como la mejora en las condiciones de vida de la población. Para ello, se cuenta con los elementos básicos y una serie de ventajas que posibilitan su inclusión en esta megatendencia mundial, siempre y cuando se elaboren e implementen las estrategias necesarias para aprovechar nuestras fortalezas y oportunidades y se contrarresten las debilidades internas que pudiesen poner en riesgo el éxito de este desarrollo.

2. La nanociencia y la nanotecnología constituyen la próxima revolución científico-tecnológica en proceso de despliegue, con características de tecnología disruptiva, en tanto que los conceptos de manufactura, diseño y conocimiento serán transformados radicalmente.

   Su impacto descansa en su carácter multidisciplinario que conduce a sinergias interdisciplinarias y en las iniciativas tomadas por gobiernos, empresas y sectores sociales.

3. El mercado potencial de la nanotecnología es amplio y creciente. Actualmente existen en el mundo alrededor de 2,500 compañías involucradas en la nanotecnología, con ingresos del orden de 50,000 millones de dólares en 2006, cantidad que, según la proyección más conservadora, crecerá a 250 mil millones en los próximos 10 años. El segmento más lucrativo, rentable y con mayor participación en el mercado mundial de la nanotecnología es en la actualidad el de los nanomateriales y las nanopartículas.

4. En estos momentos la nanociencia y la nanotecnología aún se encuentran en una etapa temprana de investigación y desarrollo. Las tendencias tecnológicas hacia el año 2020 apuntan a la transición de los nanomateriales a los nanosistemas.

5. De acuerdo con estimaciones previas, el uso de la nanotecnología impacta favorablemente en los costos de producción, respecto del uso de materiales o tecnologías tradicionales.

6. En general, los empleados en micro y nanotecnología están bien pagados y tienen un alto nivel educativo.

7. El desarrollo de esta tecnología es dominado por los Estados Unidos, Japón y Alemania, quienes aportan anualmente más del 50% de la inversión total mundial. China se acerca aceleradamente para incorporarse a este grupo. Estos mismos países conservan el liderazgo en cuanto a publicaciones y patentes.

8. Tanto los países desarrollados como muchos de los que se encuentran en vías de desarrollo han implementado políticas y estrategias dirigidas a fomentar la investigación, desarrollo e innovación de la nanotecnología como una alternativa de crecimiento económico que permita incrementar su competitividad global. En las economías emergentes de Asia, la nanotecnología ha sido liderada principalmente por las políticas y estrategias gubernamentales.

9. Simultáneo al desarrollo y aplicación de la nanotecnología, es importante considerar las implicaciones sociales, medioambientales, éticas y de salud de productos nanoestructurados así como la regulación en esta materia.

10. En el escenario mundial, existen amplias posibilidades para el establecimiento de actividades de cooperación y fuentes de financiamiento para el fomento y desarrollo de la nanotecnología. Ej: Séptimo Programa Marco de la Unión Europea con NANOFORUMEULA, como vertiente específica de apoyo para los países de América Latina; Banco Interamericano de Desarrollo (BID); Banco Mundial (BM), entre los principales.

11. En Latinoamérica, los países más avanzados en esta materia son Brasil, Argentina y México. De ellos, Brasil lleva la delantera y Argentina se ubica ligeramente a la zaga de México

12. México cuenta con capacidades básicas para incorporarse con ventajas a esta megatendencia, al disponer de 56 instituciones que albergan a 449 investigadores; 87 programas de postgrado en 27 instituciones, así como 157 laboratorios y 17 plantas piloto. Se desarrollan asimismo 340 líneas de investigación y se encuentran en ejecución 191 proyectos. De igual manera, existen algunas redes ya constituidas.

13. En México el avance e implicaciones de la nanotecnología ha pasado prácticamente inadvertida, producto de un conocimiento y una comprensión limitados por parte de la sociedad acerca de este tema.

14. La disparidad en la situación de México con respecto a los países líderes en materia de investigación, desarrollo y aplicación de la nanotecnología es evidente, reflejándose en la escasa participación del país en materia de publicaciones, patentes y proyectos con la industria.

15. En México no existen a la fecha políticas públicas que normen su desarrollo.

16. De la encuesta aplicada a una muestra aleatoria de 94 empresas de diferentes ramas de la actividad manufacturera, se desprenden varias conclusiones que representan áreas de oportunidad para mejorar su competitividad, mediante la aplicación de la nanotecnología en procesos, nuevos productos o bien, la creación de nuevas empresas. Destacan entre las principales:

- Necesidad de una amplia difusión y conocimiento del tema. El 59% no conocen el tema o tienen conocimiento incipiente
- Sólo un 10% considera que no es importante el tema pero un 57% que es importante o muy importante;
- Un 18% ya tiene portafolio de proyectos y/o están trabajando con Centros de Investigación;
- Sólo un 16% usarían los productos para una nueva línea de producto;
- El mayor número de proyectos se realiza con países de la Unión Europea (Alemania y Francia); el 69% desean terminar sus proyectos en menos de 4 años;
- Se observa una tendencia a requerir nanopartículas inorgánicas y el desarrollo de metales; en los inorgánicos nanoestructurados se buscan desarrollos en metales y óxidos cerámicos; en nanobiotecnología se requiere de nanotubos de carbono y otros y en simulación computacional, se buscan desarrollos de diversos tipos, desde diseño de materiales hasta mezclas con nanopartículas en polímeros, lo que representa un potencial para software muy especializado.
- El 62% aún desconoce la cantidad que se consumirá de nanomateriales.
- En general no hay involucramiento de los proveedores lo cual puede dificultar el proceso de creación de negocio y escalamiento industrial de productos o bien significar una oportunidad de creación de nuevos negocios de alta tecnología.
- Marcado interés por desarrollar proveedores nacionales lo cual abre oportunidades para establecer negocios de alta tecnología en México.
- 48% están interesados en participar en una red nacional de nanotecnología y sólo un 9% no tiene interés. Si se incrementa la promoción y la información sobre el tema, probablemente se integrarán más empresas en la realización de proyectos.
- Un 63% está interesado en escuchar oportunidades de creación de negocios por lo que un enfoque hacia la detección de nuevos productos, plan de negocio y creación de negocios podría generar un atractivo muy alto en las empresas.

17. De esta misma encuesta, se deriva que las plataformas tecnológicas con mayores posibilidades son las referidas a Sol Gel, Molienda, Vía Húmeda/Sol Gel, Compósitos, Modelación y Diseño de Equipo**.**

18. De igual manera, los giros industriales con altas posibilidades de proyectos y uso de la nanotecnología son:

- Industria Química
- Industria del Plástico y del Hule
- Industria del Petróleo
- Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos eléctricos
- Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y equipos, componentes y accesorios

- Fabricación de productos a base de minerales no metálicos (vidrio, cemento, cerámicos, refractarios, abrasivos)
- Industrias métalicas básicas (hierro, acero, ferroaleaciones, aluminio, refinación, cobre, fundición, moldeo)
- Industria Alimentaria

Se presentan asimismo, las conclusiones derivadas del "NanoforumEULA Fact Finding Mission_August 2007", efectuado del 24 al 30 de agosto de 2007 con sede en 4 ciudades de la republica (Saltillo, León, San Luís Potosí y México), con la participación de 13 expertos de la Unión Europea:

- La situación de la investigación en nanociencia y la nanotecnología en México, en general es buena
- No existe una relación academia-industria y se observa una falta de interés y de recursos por parte del sector productivo para invertir en el desarrollo de nuevos materiales y lograr así, una real competitividad mediante un valor agregado en los productos
- No existe el suficiente apoyo e información para los investigadores sobre el registro de patentes o la generación de negocios.
- El apoyo creciente de la Secretaría de Economía podría impulsar el desarrollo de la nanotecnología en México.
- México puede llegar a ser competitivo en el desarrollo y la investigación de la nanociencia y la nanotecnología para el tratamiento de agua, materiales para la construcción y vivienda, así como en los procesos relacionados con la extracción y refinación del petróleo.

Recomendaciones

Tomando como base los resultados obtenidos en el presente estudio, se emiten las siguientes recomendaciones:

1. Llevar a cabo un amplio programa de difusión, promoción y capacitación, para dar a conocer los principios básicos y avances de la nanotecnología; sus beneficios para que sea percibida como una tecnología accesible y necesaria para aumentar o mantener en su caso su competitividad, así como los resultados de investigaciones y desarrollos que llevan a cabo grupos mexicanos de científicos y tecnólogos y que en muchos de los casos pudieran ser transferidos de inmediato al sector productivo.

   Dicho programa deberá orientarse preferentemente al sector productivo a través de las cámaras, asociaciones y agrupaciones de industriales, incorporando en el mismo a las instituciones de investigación y docencia y a quienes toman decisiones o promueven actividades industriales en los diferentes niveles de los Poderes Ejecutivo y Legislativo.

2. Crear al más alto nivel político administrativo, una Iniciativa o Programa Nacional de Nanotecnología que contenga las metas, objetivos, estrategias y acciones para el

desarrollo de la nanotecnología en México, dotado de un presupuesto adecuado para:

- Apoyar a la educación en ciencia y tecnología desde niveles básicos hasta los programas de posgrado en nanotecnología, para incrementar la matrícula y mejorar su calidad.
- Incrementar el número de investigadores en esta materia.
- Crear o complementar la infraestructura de investigación y desarrollo necesaria en los centros de investigación y en las empresas.
- Fomentar la innovación en las empresas como medio para incrementar su competitividad.

3. Integrar una asociación estratégica que concilie los intereses y las necesidades de los sectores gubernamental, académico y empresarial.

4. Desarrollar clusters y/o consorcios regionales en el tema de la nanotecnología, impulsando la creación de redes nacionales e internacionales de colaboración, que integren el ámbito científico tecnológico, el gubernamental y el empresarial. En este sentido, se deberá considerar la formación de grupos multidisciplinarios, que simultáneamente aborden la problemática técnica y sus efectos para la sociedad, la economía, la salud y otros como el medio ambiente y energía, que se encuentran alrededor de su ejecución.

5. Elevar el nivel de capacitación y entrenamiento de los trabajadores ocupados en el sector industrial, en las materias relacionadas con nanotecnología.

6. Promover la canalización de recursos humanos hacia trabajos en nanotecnología y facilitar su movilidad internacional para aumentar la masa crítica de investigadores que trabajan en México.

7. Aprovechar cabalmente la infraestructura existente creando mecanismos que faciliten compartir equipos entre centros de investigación y de éstos con empresas.

8. Diseñar e implementar esquemas de cooperación internacional para formar recursos humanos y realizar investigación con alianzas estratégicas.

9. Establecer una política de desarrollo industrial que específicamente incorpore a la nanotecnología como una herramienta para el fomento de la productividad y competitividad del sector.

10. Promover la creación de nuevos negocios, para lo cual se recomienda:

- Aprovechar las oportunidades de negocio que se presentan en las cadenas de suministro para crear empresas nuevas especializadas en la producción de

insumos de base nanotecnológica, mediante instrumentos de apoyo específicamente diseñados para este fin.

- Crear empresas incubadoras para apoyar el surgimiento de empresas especializadas en nanotecnología.
- Crear un fondo de capital de riesgo para impulsar la creación de empresas nuevas de alta tecnología especializadas en nanotecnología.
- Crear un estímulo fiscal para las empresas que desarrollen nanotecnología o que innoven procesos y productos mediante el uso de la nanotecnología.
- Establecer indicadores de impacto relacionados con la producción industrial en la operación de los instrumentos de apoyo (empresas creadas, escalamiento industrial, ventas).
- Apoyar la creación de empresas que suministren bienes y servicios relacionados con protección en el trabajo, impacto ambiental y en la salud.
- Paralelamente a la búsqueda de recursos fiscales específicos para promover el desarrollo y la innovación empresarial en el área de la nanotecnología, utilizar los instrumentos de apoyo generales que ya existen para generar casos de éxito que puedan mostrarse a los tomadores de decisiones en los sectores empresarial, legislativo y hacendario.

11. Llevar a cabo actividades de investigación, desarrollo e innovación para las empresas en el campo de la nanotecnología, para lo cual se sugiere:

- Motivar a los investigadores para que trabajen con la industria mediante la aportación de recursos del gobierno para la realización de proyectos orientados a lograr aplicaciones industriales y la creación de empresas, para lograr que el beneficio económico que obtengan trabajando de esa forma sea superior al que obtienen del Sistema Nacional de Investigadores por publicar.
- Eliminar los impedimentos normativos para que los investigadores de universidades y centros de investigación públicos trabajen con empresas privadas. Para esto es necesario: a) resolver el conflicto que se deriva de la Ley Federal de Responsabilidades de los Servidores Públicos que establece que funcionarios públicos no pueden trabajar, durante el año posterior al momento en que hayan dejado sus puestos dentro de una institución del sector público, en empresas que tengan relación con el conocimiento de los temas que trataron en dicho puesto, y b) Promover que en la normatividad interna de universidades y centros de investigación públicos se eliminen los obstáculos para que los investigadores perciban ingresos por sus actividades relacionadas con empresas privadas.
- Crear instrumentos de apoyo gubernamental que premien el trabajo conjunto de empresas y centros de investigación.
- Crear fondos similares a los fondos sectoriales (SE-Conacyt) para apoyar el trabajo de centros de investigación con empresas, específicamente destinados a tecnologías nuevas.
- Incluir el tema de nanotecnología en las agendas sectoriales (por ejemplo en la de industria del plástico, los sectores de energía y medio ambiente, etc.).

- Crear planes de trabajo (roadmaps) por sector, que permitan establecer metas y agendas de trabajo para llegar con éxito al desarrollo de aplicaciones útiles para resolver las necesidades específicas en cada sector.
- Involucrar a las diferentes dependencias del gobierno, a fin de que utilicen la nanotecnología para resolver problemas nacionales identificados. Por ejemplo en los sectores de agricultura, salud, energía, medio ambiente y petróleo, entre otros. Cabe destacar por su trascendencia, la aplicación de esta disciplina en la generación de energía de fuentes alternas no contaminantes.
- No destinar recursos para investigación sólo a resolver problemas sectoriales, sino aprovechar la característica de transversalidad en las aplicaciones de la nanotecnología, apoyando la investigación y desarrollo independientemente del destino de los resultados, como se hace en otros países.

12. En materia de propiedad intelectual se propone:

- Promover y facilitar el aprovechamiento de la normatividad en materia de propiedad intelectual e industrial.
- Buscar los mecanismos más convenientes que permitan a investigadores y tecnólogos privilegiar el patentamiento antes que la publicación de artículos, con el propósito de que los beneficios de la investigación, desarrollo e innovación se queden en el país.

13. Para protección del trabajador, usuario y medio ambiente, se requiere de desarrollar la normatividad necesaria en relación con protección de los trabajadores expuestos a la emisión de nanopartículas, así como con el impacto ambiental y en la salud de los usuarios de productos con base nanotecnológica.

    Para determinar las implicaciones sociales se sugiere:

- Asignar, dentro del presupuesto nacional para ciencia y tecnología una partida específica para la investigación de los riesgos y beneficios sociales asociados con el desarrollo de la nanotecnología.
- Determinar, a través de los centros e instituciones de investigación, metodologías de monitoreo estandarizadas y parámetros de medición para evaluar los efectos de la exposición ocupacional y no ocupacional a nanopartículas considerando variables de peligro y riesgo.
- Establecer un sistema de información al público para informar del impacto al medio ambiente, la salud y la seguridad así como de los beneficios derivados de la nanotecnología. Este deberá ser dirigido por una instancia de gobierno y apoyado por los sectores involucrados. El debate público enriquece culturalmente a la sociedad, genera conciencia y permite elegir el destino frente a los beneficios y riesgos potenciales de las nuevas tecnologías.
- Integrar el sistema de información a las redes internacionales que existen en la materia para mantener un consenso actualizado tanto de los avances en la solución como en la aparición de nuevos riesgos.

- Reforzar en el sistema educativo nacional, los conceptos de preservación de la salud, el medio ambiente y la seguridad relacionados con el desarrollo de nuevas tecnologías. Es necesario que la ciencia y la tecnología ocupen un lugar más destacado dentro del conocimiento de la sociedad.

Además de las anteriores, se incluyen las recomendaciones específicas efectuadas por los expertos europeos, derivadas del "NanoforumEULA Fact Finding Mission_August 2007":

- Establecer una red nacional articulada
- Contar con una Iniciativa o Plan Nacional de nanociencia y nanotecnología, y
- Fomentar la movilidad de estudiantes de México a la Unión Europea.

Referencias Bibliográficas

1. Nanotechnology: Global Strategies, Industry Trends and Applications. Edited by J. Schulte. 2005 John Wiley & Sons, Ltd.
2. Lux Research; Nations Ranking 2007.
3. M.C. Roco. National Nanotechnology Initiative - Past, Present, Future National Science Foundation and National Nanotechnology Initiative. Preprint Handbook on Nanoscience, Engineering and Technology, 2nd ed., Taylor and Francis, February 20, 2006 (printed in March 2007), pp 3.1-3.26. pp 25.
4. The Royal Society & The Royal Academy of Engineering (RS&RSE). Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties. RS Policy. London. (2004, Julio). pp 5.
5. Delgado Ramos, G.C. Nanotecnología, paradigma tecnológico de vanguardia en Contribuciones a la Economía. febrero 2007.
6. Teerakiat Kerdcharoen. World Status of Nanotechnology. Mahidol University. Thailandia.
7. Nanotechnology. A Global Outlook. Global Industry Analysts, Inc. Julio 2006. pp 2.
8. Philip S. Antón, Richard Silberglitt, James Schneider. The Global Technology Revolution. Bio/Nano/Materials Trends and Their Synergies with Information Technology by 2015. RAND's National Defense Research Institute. Santa Monica, CA USA. 2001.p 25.
9. M.C. Roco. National Nanotechnology Initiative - Past, Present, Future National Science Foundation and National Nanotechnology Initiative. Preprint Handbook on Nanoscience, Engineering and Technology, 2nd ed., Taylor and Francis, February 20, 2006 (printed in March 2007), pp 5 y 6.
10. Philip S. Antón. Richard Silberglitt. James Schneider. The Global Technology Revolution. Bio/Nano/Materials Trends and Their Synergies with Information Technology by 2015. RAND's National Defense Research Institute. Arlington, VA. 2001. pp 33-34.
11. Chemical Industry. R&D Roadmap for Nanomaterials By Design: From Fundamentals to Function. Chemical Industry Vision 2020 Technology Partnership. Prepared by Energetics, Incorporated. December 2003.
12. Roadmap of the European Technology Platform for Advanced Engineering Materials and Technologies. EuMaT. European Technology Platform for Advanced Engineering Materials and Technologies. EuMaT Roadmap, Version 27, June 2006
13. M.C. Roco Journal of Nanoparticle Research, 2005, Vol. 7(6).
14. M.C. Roco; National Nanotechnology Initiative – Past, Present, Future.
15. The National Nanotechnology Initiative. Research and Development Leading to a Revolution in Technology and Industry. July 2007.
16. Hermann Philipp Buff. The US Nanotechnology Environment – Where is the Business?.
17. Nanotechnology. A Global Outlook, July 2006.
18. Nanoposts.com; Goverment Policy and Initiatives in Nanotechnology Worlwide 2007.

19. M.C. Roco; Research Programs on Nanotechnology in the World.
20. Federal Ministry of Education and Research; Nanoinitiative Action Plan 2010
21. Nanoposts.com; Goverment Policy and Initiatives in Nanotechnology Worldwide 2007
22. Lux Research; Nations Ranking 2007.
23. Federal Ministry of Education and Research; Nanoinitiative Action Plan 2010.
24. Revista Electrónica Madrid. Número 35 marzo-abril 2006.
25. Phantoms Foundation; Estudio de las actividades y necesidades en el área de nanociencias y nanotecnologías.
26. Nanoposts.com; Goverment Policy and Initiatives in Nanotechnology Worldwide 2007.
27. RNCOS, 2007; The World Nanotechnology Market (2006)
28. Nanotechnology, a Global Outlook, july 2006.
29. Nanoposts.com, 2007.
30. Lux Research Inc. Profiting from International Nanotechnology
31. Swiss Business Hub Brazil; Market Report Nanotechnology in Brazil. September 2005
32. Swiss Business Hub Brazil; Brazil Nanotechnology Overview.
33. Noela Invernizzi; Los Científicos Brasileños Legitiman las Nanotecnologías
34. European Commission Research DG; Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009.
35. John Wiley & Sons; Nanotechnology Global Strategies, Industry Trends and Applications 2005
36. Paulo R. Martins, Richard Domínguez. Actividades Relacionadas con la Nanotecnología en Brasil.
37. D. Forman. 2006. We show you the money. Smalltimes
38. UNESCO; The Ethics and Politics of Nanotechnology, 2006
39. Foladori / Invernizzi; Nanotechnology in its Socio-economic Context
40. M.C. Roco W.S. Bainbridge; Nanotechnology: Social Implications (2003)
41. Comité to Review the NNI; A Matter of Size: trienal Review of the NNI (2006)
42. The Nacional Nanotechnology Initiative; Research and Development Leading to a Revolution in Technology and Industry. Supplement to the President's 2008 Budget
43. European Commission; Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009
44. UITA 25º Congreso Ginebra, Suiza Marzo 2007
45. Guillermo Foladori – Noela Invernizzi; Nanotecnología: beneficios para todos o mayor desigualdad 2005
46. Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología 2006. CONACYT
47. CONACYT, Programa Especial de Ciencia y Tecnología, 2001-2006
48. Boletín El Faro. UNAM. Noviembre 2 de 2006. Año VI, número 68, Pp 7.

Referencias Web

1. http://www.eumed.net/ce/
2. http://www.nanotechproject.org/index.php?id=44&id=44&action=view&p=0&rpp=all
3. http://nanotech.sc.mahidol.ac.th/nano/worldstatus.pdf
4. http://www.ChemicalVision2020.org
5. http://www.rand.org/
6. http://www.luxresearchinc.com
7. http://www.chem.ucla.edu/dept/Faculty/schwartz/schwartz_pubs/J_Sol-Gel_Sci_19_249_2000.pdf
8. http://www.nanoroadmap.it/roadmaps/NRM_Nanoparticles.pdf
9. http://www2.dupont.com/Kevlar/en_US/assets/downloads/KEVLAR_Technical_Guide.pdf
10. http://www.dsm.com/en_US/html/hpf/home_dyneema.htm
11. http://www.technologyreview.com/Nanotech/19730/
12. http://www.assda.asn.au/asp/index.asp?pgid=17971
13. http://www.weizmann.ac.il/wagner/COURSES/Reading%20material%20(papers)/Encyclopedy_of_polymer_science_2003.pdf
14. http://www.eastonbike.com/TECHNICAL/technical_FAQ.html#3
15. http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_nanotube
16. http://www.nano.gov/html/news/SpecialPapers/Nanotubes%20For%20Power%20Transmission%20Line%20MaterialsA.htm
17. http://www.technologyreview.com/read_article.aspx?ch=infotech&sc=&id=14407&pg=2
18. http://www.smalltimes.com/articles/article_display.cfm?ARTICLE_ID=251949&p=109
19. http://www.bls.gov/oes/current/naics5_541330.htm#(2)
20. http://www.viep.buap.mx/redinn.htm
21. http://www.nano.unam.mx/
22. http://www.eluniversal.com.mx/articulos/vi_31967.html
23. http://www.CONACYT.mx/redes%5Ftema/
24. http://www.etcgroup.org/es/
25. http://www.estudiosdeldesarrollo.net/relans/index.html