



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

LA NANOTECNOLOGÍA EN MÉXICO: UN ENFOQUE PROSPECTIVO

ENSAYO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN ECONOMÍA

PRESENTA:
MARCO JAIME MERINO NAVARRO

ASESOR:
DR. CLEMENTE RUÍZ DURÁN

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2011





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

- A mi tutor el Dr. Clemente Ruiz Durán por su orientación y guía durante el desarrollo de esta investigación.
- Al Dr. Leonel Corona Treviño por sus valiosos comentarios.
- Al Clúster de Nanotecnología de Nuevo León y al Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), Nuevo León, por su apreciable colaboración en el trabajo de campo.
- Al proyecto de investigación *Nuevos Nichos de Industrialización (IN306908)*, del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), UNAM, por su apoyo para el desarrollo del trabajo de campo.

Tabla de contenido

1. Antecedentes	3
2. El enfoque económico-evolucionista: el papel de la innovación y las aglomeraciones	4
3. El papel de la intervención sectorial: redes empresariales flexibles	9
3.1. Redes empresariales flexibles: una alternativa para la competitividad	10
4. Problemática de la crisis contemporánea	14
5. La nanotecnología en México	16
5.1. Preámbulo: México en el contexto internacional de la nanotecnología.....	16
5.2. La nanotecnología en México	23
5.2.1. El caso de estudio: Clúster de Nanotecnología.....	25
6. Una visión de prospectiva: tendencias pesadas, gérmenes de cambio y escenarios	31
7. Conclusiones y recomendaciones	34
8. Referencias	36

1. Antecedentes

En el presente trabajo se considera pertinente plantear como eje principal a la nanotecnología, ya que se trata de un tema en boga y de interés actual como resultado de su potencial impacto positivo en la actividad económica, a través de su uso innovador en algunos procesos productivos, lo cual se puede traducir en una ventaja competitiva.

Por otra parte, evidentemente, el estudio enfatiza en el papel que tiene la nanotecnología en México en la época reciente, haciendo un breve recorrido de la situación que impera en el ámbito internacional, partiendo de un acercamiento teórico que considera, entre otros conceptos, a la innovación y ubicación geográfica; además de una breve contextualización basada en la crisis global de 2008. Asimismo, se enriquece el estudio con un trabajo de campo basado en entrevistas a personal clave del Clúster de Nanotecnología de Nuevo León, así como con un enfoque prospectivo, con el fin de sustentar de una mejor manera el análisis. Cabe señalar que, debido a la naturaleza del tema, la disponibilidad de datos es escasa, ya que se trata de un tema sumamente reciente y particular, por lo que parte esencial en el desarrollo de la investigación es la recapitulación periodística y el trabajo de campo.

Así, el objetivo del trabajo es conocer la presencia y las actuales y posibles aplicaciones de la nanotecnología en México, así como el contexto internacional, tomando en cuenta algunos avances que han logrado otros países, considerando cómo lo han hecho, cuál ha sido la participación estatal en el proceso, entre otros factores determinantes. En consecuencia, parte del objetivo es formular recomendaciones *ad hoc* a la realidad del país, es decir, que sean acordes al contexto y necesidades actuales.

2. El enfoque económico-evolucionista: el papel de la innovación y las aglomeraciones

El acercamiento teórico parte de la idea planteada por Duranto y Storper (2005), la cual enfatiza en que las bondades locales pueden influir en el éxito económico de una localidad, trayendo consigo un cambio local en la composición de la actividad económica y en los salarios; asimismo, se puede inferir que es la relación existente entre las características de la población y la base económica, la que da lugar a que el tipo adecuado de la mano de obra sea el móvil para la conformación de las aglomeraciones basadas en alta tecnología y en el conocimiento, considerando una perspectiva dinámica de “efectos de aprendizaje” de los individuos.

Asimismo, resulta conveniente no sólo considerar a la productividad de los factores de producción, sino también a las complementariedades entre los distintos agentes heterogéneos para dar un mejor sustento a la conformación de una aglomeración (Fujita y Rivera-Batiz, 1988, citados por Duranto y Storper, 2005). En este sentido, las heterogeneidades de las empresas son fundamentales, y se consideran en el uso relativo de los factores de producción y las trayectorias tecnológicas.

Desde un punto de vista económico-evolucionista, retomando lo planteado por Essletzbichler y Rigby (2007), el entender los procesos dinámicos que influyen en la conducta de las empresas y en el entorno mercantil en donde operan, es esencial. Dichos procesos se consideran evolucionistas, al contemplar una economía capitalista donde los agentes competidores difieren en por lo menos algunas características (heterogeneidad), lo que influye en las perspectivas individuales sobre el crecimiento económico (lo que conlleva a un proceso de selección) y cambian lentamente a través del tiempo (herencia), influyendo y siendo influidos por el entorno futuro en el que tendrá lugar la competencia (Hodgson 1993, 2002; Metcalfe 1988; Saviotti y Metcalfe 1991, citados por Essletzbichler y Rigby, 2007). En este contexto, las empresas difieren entre sí, principalmente por el tipo de producto, tecnología, la forma cómo se organizan, la locación, los procesos de inversión, la administración laboral, la investigación tecnológica, etc. De esta forma, la heterogeneidad es un elemento recurrente de la

competencia y la innovación, en un contexto donde los principales actores son las empresas privadas motivadas por la rentabilidad, y que están limitadas por asimetrías en la información y por la desigualdad de sus capacidades (Alchian 1950, citado por Essletzbichler y Rigby, 2007). Es debido a la incertidumbre del futuro y al ambiente competitivo, que las empresas tratan de buscar su ventaja competitiva al incrementar su eficiencia en la producción; asimismo, están comprometidas a innovar, a buscar nuevos productos y desarrollar nuevos mercados, a experimentar con nuevas fuentes de insumos, nuevos procesos de producción y rutinas de organización (Schumpeter 1942, citado por Essletzbichler y Rigby, 2007).

Asimismo, Essletzbichler y Rigby (2007) mencionan que es el proceso competitivo de la selección de mercado el que regula la rentabilidad de las empresas individuales, sus perspectivas de crecimiento, y su habilidad para generar nuevas rutinas. Sin embargo, el proceso de selección altera el entorno en el que las decisiones futuras se van a tomar. Por ejemplo, resulta importante considerar que, en promedio, las empresas que producen un producto de manera más eficiente son más capaces de transformar los ingresos en ganancias, y dada cierta propensión a invertir, a incrementar su tamaño relativo a costa de las empresas menos eficientes. De hecho, algunas empresas tratan de modificar el entorno selectivo en el que se encuentran, al utilizar la diferenciación de productos, o al competir en un nicho de mercado específico.

Por otra parte, Essletzbichler y Rigby (2007) plantean que para algunos teóricos, la evolución no requiere de la innovación, ya que es suficiente y necesario que tan sólo exista la variedad (Metcalf, 1998, citado por Essletzbichler y Rigby, 2007). No obstante, la innovación o la creación de la heterogeneidad es un proceso necesario para que se presente una evolución en el largo plazo dentro de sistemas no degenerados, además de que la innovación es un factor clave en un sistema capitalista guiado por la competencia y la incertidumbre.

Desde una perspectiva evolucionista, a nivel micro, los factores distintivos del cambio tecnológico, incluyen a la racionalidad limitada (Simon 1957, citado por Essletzbichler y Rigby, 2007), y a la importancia de las rutinas empresariales que guían el proceso de innovación y adaptación. La racionalidad limitada implica que los actores buscarán en

su entorno local, en lugar de explorar todas sus posibilidades. A nivel meso y macro, se reconoce que la búsqueda por la innovación es un proceso social, incluyendo complejos mecanismos de retroalimentación entre los diversos actores, así como la importancia de las instituciones¹ sociales, que hasta cierto punto marcan el camino a seguir en la creación de tecnología.

Según Essletzbichler y Rigby (2007), tanto los sistemas nacionales y regionales de innovación, como las regiones de aprendizaje y las regiones de competencia, identifican a la innovación como un elemento central para el éxito económico regional. Por otra parte, se postula que el intercambio de conocimiento es localizado y que las instituciones y las relaciones entre los actores regionales tienen una importancia crucial para una innovación exitosa.

Es importante considerar que las nuevas tecnologías pueden ser necesarias, pero no suficientes para garantizar que sobrevivan las empresas, industrias y regiones en un entorno económico que se encuentra en continua evolución.

En términos generales, los diferentes procesos de cambio evolutivo varían de intensidad de acuerdo a los ciclos de vida de las industrias. Altos niveles de incertidumbre tecnológica y mercantil acompañan a los diseños de competencia en las primeras etapas, así como por altos niveles de entrada y salida. Una vez que los “diseños dominantes” surgen, la naturaleza de la innovación cambia de producto a proceso y las tasas de entrada caen, mientras que las de salida permanecen altas, a través de un intenso proceso de selección. De esta manera, el resultado sería el estrechamiento de las heterogeneidades y la concentración de mercado.

Essletzbichler y Rigby (2007) contemplan tres enfoques para explicar la evolución espacial de las industrias: 1) El enfoque de Arthur (1994) que se basa en las estrategias de locación de los entrantes, es decir, por medio de la dependencia; 2) El enfoque de Boschma y Wenting (2007), Klepper (2007) y Klepper y Simmons (2000),

¹ Se entiende por instituciones aquellas entidades relativamente estables que cambian lentamente a través del tiempo y tienen una función similar a las rutinas a nivel empresarial. La influencia de las instituciones sobre los actores económicos, tales como las empresas y los trabajadores, ejercerá presiones específicas sobre las regiones. Asimismo, se contempla que las diferencias en el entorno institucional regional, cambian el desempeño individual en la región.

llamado “efectos indirectos”, bajo el principio de la transmisión o retención de la información; y 3) El enfoque de Boschma y Van der Knaap (1997), denominado “ventanas de oportunidades locales”.

Este último enfoque aporta una explicación para la evolución y el aislamiento de las industrias en un espacio, el modelo sugiere que en cualquier momento problemas técnicos, conflictos laborales, o las oportunidades de mercado pueden servir como detonantes de mayores innovaciones en un gran número de regiones; mientras que se considera que los detonantes son infinitos y distribuidos aleatoriamente en el espacio, este enfoque busca saber el por qué las nuevas industrias basadas en aquellas innovaciones se encierran en regiones particulares. El argumento principal es que las innovaciones requieren de diferentes habilidades, procesos tecnológicos, encadenamientos entre los proveedores y los clientes, y de las instituciones; erosionando, de esta manera, las ventajas competitivas de los sistemas de producción regionales existentes. Así, las aglomeraciones que cuenten con mano de obra calificada, industrias, empresas e instituciones se encuentran en una posición ventajosa. En este sentido, la economía de las aglomeraciones es benéfica para la atracción de las industrias emergentes. Asimismo, cuando los diseños dominantes surgen y los requisitos para obtener el éxito competitivo se definen, las industrias empiezan a desarrollar su propio entorno a través del establecimiento de redes de proveedores y clientes, instituciones de investigación, organizaciones industriales, programas de capacitación, etc. De esta forma, es que surge el concepto de “territorialización industrial” (llamado así por Storper y Walker, 1989), donde las regiones que logran desarrollar sus capacidades al máximo y atraen a nuevas empresas a la nueva industria sobresalen de tal manera que logran tener una ventaja que provoca que los nuevos entrantes no tengan otra opción más que entrar en esta región, dando lugar a la concentración geográfica.

Desde esta perspectiva teórica conjunta es que se retoma a la nanotecnología en México, al tratarse de una actividad económica reciente que se encuentra en un ambiente sumamente competitivo y donde el papel que juega la selección de mercado es crucial. Se trata de una actividad que por su naturaleza está muy relacionada con la

innovación, por lo que significa una gran oportunidad para consolidar una posición sólida en el mercado y/o ser parte de la consolidación de otras industrias, al tener un gran potencial para la creación de nuevos nichos, y aportar innovaciones y diferenciaciones claves a distintos productos. La nanotecnología, al tratarse de una actividad que se encuentra en una etapa precompetitiva, está inmersa en un ambiente de incertidumbre tecnológica, donde además existen altos niveles de entrada y salida de empresas; sin embargo, ello también significa grandes oportunidades y potencialidades que se podrían utilizar para abatir a la selección de mercado, y consolidarse como una industria clave.

Por otra parte, hay que considerar que se requieren de procesos tecnológicos, encadenamientos entre proveedores y clientes, de programas de capacitación, de instituciones, entre otras cosas, para que las innovaciones tengan un impacto en el largo plazo. En este sentido, la nanotecnología tiene el camino libre para moldear su entorno futuro; aunque conviene señalar que ya existen avances en este sentido, pero el margen de maniobra resulta aún considerable. Por ejemplo, en México ya se han establecido esbozos de las redes de proveedores y clientes, y como se verá más adelante, incluso ya se ha llegado a presentar el factor de localización, todos estos avances impulsados, en parte, por la institucionalidad que impera y juega un papel para el impulso de la nanotecnología.

3. El papel de la intervención sectorial: redes empresariales flexibles

En este apartado se pretende dar a conocer nociones teóricas y prácticas básicas de la intervención sectorial, que de usarse de manera eficiente, puede servir para lograr un desarrollo local que tenga un efecto multiplicador. Dicha exposición se hace desde la perspectiva de que el tema de la nanotecnología en México también se puede abordar desde una visión de desarrollo sectorial.

En primera instancia, es importante considerar que para la aplicación de la intervención sectorial es preciso asegurarse de estudiar puntualmente la situación o contexto de la localidad en cuestión para que se pueda diseñar la estrategia más precisa de acuerdo a las necesidades locales especiales, por lo tanto, se propone una estrategia sectorial focalizada en determinadas actividades estratégicas a fin de crear una red sólida y rentable, que tenga un efecto de contagio dentro de la población de la comunidad. La estrategia debe actuar en los diferentes niveles del proceso de producción, desde proporcionar mano de obra calificada, hasta la comercialización de los productos. Desde esta perspectiva, la inversión pública puede jugar un papel importante, al proveer o fortalecer los niveles de producción más débiles; por ejemplo, se puede proporcionar la infraestructura para la formación de mano de obra calificada, apoyo de marketing, etc.

Las estrategias locales, bien fundamentadas, han sido instrumentos útiles para el desarrollo de las comunidades, como resultado de la identificación de las características y necesidades específicas de una determinada comunidad, ya que se utiliza ese conocimiento para centrarse en las actividades más potenciales y rentables, en otras palabras, utilizando la ventaja comparativa, a fin de ser más competitivos en un contexto global inmerso en la competencia. Debido a ese contexto, es urgente impulsar las comunidades que no han reforzado su ventaja comparativa, a tal efecto,

como ya se mencionaba, es necesaria la intervención del gobierno como director y/o el financiador de un proyecto rentable que tendrá el beneficio del aumento del bienestar. Por lo tanto, la estrategia consiste en una intervención pública inicial que va a fortalecer un sector económico estratégico, con el fin de transformarlo en un sector auto-sostenido.

En función de la eficiencia en la especialización es que tenemos en todos los países diferentes grados de bienestar en las comunidades. Hoy en día, la especialización ha ido más lejos conformando clústeres y parques tecnológicos, dirigidos a una determinada actividad económica y su proceso productivo tratando de involucrar en un mismo lugar todo el valor agregado de la cadena (en algunos casos desde la formación de mano de obra, hasta la comercialización). Por eso, si estamos tratando de ayudar al desarrollo de una comunidad, es importante no sólo identificar la actividad estratégica, sino saber cómo estimularla, de acuerdo al contexto actual y al aprendizaje obtenido de las experiencias exitosas, asistiendo a los puntos más débiles de todo el proceso productivo de dicha actividad.

Una estrategia sectorial puede identificar clústeres industriales y atender sus necesidades (Hancock, 2006). Esta estrategia tiene como objetivo identificar y centrarse en los puntos estratégicos en el sistema económico regional, en busca del beneficio directo de muchas pequeñas empresas (Duncan C. y Duncan W., 1986), y, en consecuencia, en beneficio de una gran parte de la comunidad.

3.1. Redes empresariales flexibles: una alternativa para la competitividad

Las redes empresariales flexibles son la causa común de que las pequeñas empresas logren ser competitivas a nivel global. Ninguna de estas pequeñas empresas podría competir sola, pero podrían hacerlo cuando se conforman grupos de empresas para trabajar juntos, atendiendo sus necesidades de forma colectiva (por ejemplo, produciendo la mayoría de un determinado producto, por medio de sub-proveedores). Este tipo de redes suelen estar respaldadas por políticas regionales que se traducen en apoyo al desarrollo empresarial, por medio de infraestructura y préstamos, y más tarde,

por medio de servicios para el desarrollo empresarial (como el control de calidad, la certificación de calidad, gestión, automatización, etc.), la comercialización y la investigación y el desarrollo.

Italia y Dinamarca son dos ejemplos de éxito de las redes empresariales flexibles. La región del norte de Italia, Emilia Romagna, ha sido un claro ejemplo de la intervención sectorial, por supuesto, es la base del llamado modelo de Emiliano, ya que es un ejemplo de una región innovadora que goza de pleno empleo virtual², y tiene el más alto nivel de PIB per cápita en Italia, y entre los más altos de Europa. Las agrupaciones industriales de Emilia Romagna son líderes mundiales en no sólo un campo (uno podría pensar que sólo son líderes en la industria textil, ya que fue el primer campo que desarrollaron), sino en otros campos como la precisión, mecánica, robótica, herramientas para maquinaria, maquinaria para envasado, motocicletas, material biomédico, cerámica, maquinaria agrícola e incluso la moda. Este éxito tan diverso es el resultado de políticas bien dirigidas y de una buena organización. Por otro lado, Dinamarca siguió el mismo modelo, ya que sus empresas manufactureras eran demasiado pequeñas, independientes, y diversificadas como para competir en el mercado mundial. Los resultados daneses no se hicieron esperar, después de sólo 18 meses más de 3,500 empresas, incluidas muchas empresas manufactureras, participaron activamente en redes (Lipnack y Stamps, 1993, p.136). Sin embargo, Dinamarca no ha sido la única región que ha seguido el ejemplo italiano, también algunas regiones de América han seguido la misma estrategia, como Nueva York (para el desarrollo de la industria de la ropa), Pennsylvania, Carolina del Norte, Atlanta, etc.

En términos generales, existen dos modelos para las redes emilianas:

1. La empresa líder emerge y coordina la red (el montaje del producto final). Hay una

² 3.4 por ciento sobre el total, y debajo del 3 por ciento en las provincias más ricas, de acuerdo a Hancock M., (August 23, 2006) "Introduction to the Emilian Model", Chicago, IL: Center for Labor and Community Research.

mayor integración vertical, las relaciones son más formales, existe la presencia del co-diseño y la co-producción, en lugar de una red informal.

2. El segundo modelo surge como una "empresa virtual", donde las empresas más pequeñas crean su propia empresa virtual, e incluso esta empresa virtual puede tener su propia marca. Ellos simplemente crean su empresa para representar a su red.

Pero, ¿Qué hay detrás del modelo? ¿Por qué funciona? Los trabajadores están altamente calificados con experiencia práctica y teórica, que les permite convertirse en diseñadores de componentes, además, la calidad es un tema muy importante, así como la producción orientada a la exportación. El éxito es resultado de una red bien organizada, donde hay una demanda real de los productos que cada empresa produce, todos están tan especializados que hay suficiente trabajo. Un factor adicional es que también el gobierno de Emilia Romagna, en todos los niveles, ha sido reconocido como uno de los más eficientes, honestos y transparentes de los gobiernos italianos (Hancock, 2006).

Para cada estrategia sectorial existe un contexto determinado, al igual que una cultura empresarial, la justicia social y la solidaridad. Muchas de las empresas más grandes de Emilia Romagna son propiedad de los empleados, o fueron iniciadas por los trabajadores calificados, que realmente les gustaba su trabajo, se habían comprometido, y también tenían una misión social. Por lo tanto, persiste un entorno competitivo en la región, además, tienen objetivos a largo plazo y estrategias apoyadas por la alianza público-privada. Su competitividad se basa en la innovación, calidad, valor agregado y en alianzas estratégicas en los países en desarrollo. También el trabajador es tratado como un socio, por ejemplo, los sindicatos tienden a empujar los empresarios a innovar, ya que implicaría pedir salarios más elevados; la clave es que la gestión y la fuerza de trabajo tengan un compromiso mutuo para la competitividad y el desarrollo (Hancock, 2006). Asimismo, es importante recordar que el papel del gobierno es fundamental, en parte por que las políticas gubernamentales pueden

determinar la forma en cómo se distribuyen los recursos y oportunidades. De esta forma, resulta imprescindible prestar más atención a las pequeñas empresas dando asistencia técnica, invirtiendo, otorgando préstamos, a fin de fortalecerlas.

Así, el impulso de la nanotecnología puede ser acompañado por una intervención sectorial y por un esquema de cooperación entre las distintas entidades relacionadas con el sector, con el fin de tener una organización con objetivos preestablecidos para dar lugar a una producción más eficiente. Esto sería posible con una intervención pública enfocada a dichos objetivos, además de una coordinación entre el resto de los agentes participantes. Este nuevo nicho se puede acoplar perfectamente a ciertas localidades, y al ser un área emergente tiene un gran potencial de desarrollo. En este sentido, incluso ya existen casos de éxito mexicanos, como es el Clúster de Nanotecnología de Nuevo León, donde se han presentado rasgos de una intervención sectorial, y está presente la alianza público-privada.

4. Problemática de la crisis contemporánea

En este apartado se hará un breve recuento del contexto internacional caracterizado por las secuelas de la crisis financiera de 2008, esto como base para situar a la economía mexicana en la actualidad, y por ende al entorno de la nanotecnología en México.

Como antecedente es necesario considerar que en México, de acuerdo a Ruiz (2010), el proyecto nacional estructurado en los años treinta permitió que el país lograra trazar su propia ruta de expansión, logrando con ello mantener un crecimiento promedio cerca del seis por ciento anual entre 1930 y 1980. Posteriormente, sobreviene la crisis del modelo de sustitución de importaciones basado en deuda externa, ante lo cual los gobiernos de la época optan por la idea de que la mejor manera de salir de la crisis de la deuda (1982) es ligarnos a la economía norteamericana, abandonando así, el proyecto nacional y entrando a un proceso de integración progresiva a través del Tratado de Libre Comercio con América del Norte. Los resultados son evidentes, nuestra dependencia hacia los Estados Unidos es tal, que nuestros ciclos económicos entran en plena sincronía con los de la economía estadounidense.

En cuanto a la crisis de 2008, queda claro que se trata de una crisis estructural, donde no importa sólo la cuestión financiera de la economía estadounidense, sino también, y de forma decisiva, la manera cómo se recompone su aparato productivo, el cual se ha desindustrializado, ya que el valor agregado manufacturero como proporción del PIB total, pasó de 27 a 11.5 por ciento entre 1950 y 2008. Las dificultades de la recomposición son evidentes, y desafortunadamente México se mantiene ligado a una hegemonía en declive. La crisis económica mundial tiene que ver con una pérdida de valor en todos los activos. Ello quiere decir, en consecuencia, que la recuperación va a ser inestable y lenta, el mundo se enfrentará a encuentros y desencuentros que harán variar los ritmos de expansión de las economías, como ejemplo, el caso de Grecia y Portugal, donde lo financiero impide una recuperación de lo productivo. Así, tenemos que en México los términos de recuperación del sector productivo y del sector financiero no van de la mano, ya que se da una recuperación más rápida en el sector

financiero, sin que ello tenga una clara relación con lo que está pasando en el sector real de la economía. De esta manera, por las características de nuestra economía, los patrones de análisis con respecto a lo que sucede en el extranjero no son similares a los que se deben aplicar para el caso mexicano.

Es conveniente tomar en cuenta que un factor muy importante en la recuperación económica fue la sociabilización de las pérdidas, es decir, las medidas anticíclicas, que no hubieran podido ser efectivas si el tamaño del Estado no fuese importante. En este sentido, casos de éxito fueron Estados Unidos, la Unión Europea y China. Por ejemplo, si China puede mantener altos niveles de crecimiento es gracias, en parte, a la gran demanda que el Estado tiene sobre toda la economía, así, el país asiático mantiene su mercado interno con una fuerte intervención estatal. Por el contrario, el Estado en los países latinoamericanos es muy pequeño. No hay manera, en consecuencia, de establecer fuertes medidas de contención en un esquema anticíclico. Un claro ejemplo de esta situación es México, donde el tamaño del Estado, medido por la relación de los impuestos respecto al Producto Interno Bruto, es menor al 15 por ciento.

Ante esta situación, donde el papel del Estado no es muy importante, y existe una gran dependencia con Estados Unidos, y en especial, cuando la actividad económica después de la crisis se ha encontrado sumamente afectada, como es de esperarse, las repercusiones también se pueden presentar, en cierta medida, en el campo de la nanotecnología; dichas repercusiones se podrían reflejar en un papel cada vez más incipiente del Estado en lo que se refiere a la promoción de este nuevo nicho de industrialización, además, de que debido a que existe una gran relación con Estados Unidos en lo que respecta a los co-financiamientos, éstos se podrían ver afectados de manera negativa. Por otra parte, es conveniente señalar que debido a la naturaleza de la nanotecnología, caracterizada por no ser una tecnología con impacto generalizado al tener aplicaciones muy específicas, no se puede pretender, por ejemplo, que se vea a este nuevo nicho como una panacea para resolver las deficiencias estructurales de la economía mexicana, ni para resolver los problemas acarreados por la crisis; más bien se debe considerar a esta actividad como complementaria.

5. La nanotecnología en México

5.1. Preámbulo: México en el contexto internacional de la nanotecnología

La nanotecnología³ ha permitido un conocimiento más profundo y una mayor manipulación de la materia, logrando crear nuevos materiales para desarrollar estructuras, dispositivos, y sistemas con propiedades y funciones nunca antes imaginadas. El uso de la nanotecnología puede aportar soluciones a grandes problemas actuales dentro del sector energético, agrícola, y medio ambiente; por ejemplo, países como China, Rusia, Alemania o Estados Unidos están investigando y desarrollando nanocatalizadores para la generación de hidrógeno, los cuales permiten mejorar la producción, conversión y almacenamiento de energía, así como nanomagnetos para remover contaminantes de la tierra. Por otra parte, el uso de la nanotecnología ha permitido aumentar las propiedades funcionales de los materiales a través de nanoestructuras moleculares para robustecer materiales como el asfalto, concreto, etc. En materia del cuidado del medio ambiente, Israel ha invertido para el desarrollo de nanomebranas purificadoras que permitirán la remediación y tratamiento del agua de una manera más eficiente y económica. En el campo de la medicina se han desarrollado nanosensores y nanocápsulas liberadores de drogas terapéuticas, lo cual ayudaría a tener una mayor precisión en el diagnóstico y tratamiento de pacientes con cáncer o enfermedades inmunológicas adquiridas. Con relación al diagnóstico de enfermedades, se prevé que la nanotecnología tenga un gran impacto, por ejemplo, es posible que mediante biomarcadores, se anticipen enfermedades, de tal forma que se pueda llegar a la cura rápidamente y sin un alto costo. De igual manera, es posible diseñar microchips electrónicos capaces de identificar en sólo ocho minutos, al colocar una gota de sangre, las enfermedades que padeció la familia del paciente y a cuáles puede ser propenso. También se puede llevar a cabo el diseño de fármacos capaces de atacar el cáncer a nivel atómico sin causar daño a las células sanas (Solano, 2005),

³ La nanotecnología se define como la manipulación de la materia a nivel atómico, molecular, o macromolecular, a escala de 1-100 nanómetros -cada nm es apenas la milésima parte de un milímetro.

ya que existe la posibilidad de encapsular fármacos en tamaño nano que sean destinados directamente a las células afectadas, en lugar de distribuir el fármaco en todo el cuerpo, reduciendo así los efectos secundarios.

Existen ciertos productos de la nanotecnología que se emplean actualmente, como es el caso del uso de materiales más livianos y resistentes, catalizadores con nanopartículas de platino instalados en los vehículos para hacer más eficiente el consumo de combustible, hasta el uso de tecnología de punta en el desarrollo de proyectos espaciales. Otro campo en el que la nanotecnología ha mostrado grandes aportes ha sido la computación, como ejemplo, tenemos que en agosto de 2007 EUA anunció un avance más en la tecnología nanométrica aplicada a los chips de computación. De acuerdo con esta información, se fabrican en Estados Unidos de América e Israel chips con mil millones de transistores en procesadores de 45 nanómetros (nm). La tecnología más avanzada en procesadores hasta antes de los 45 nm era el uso de chips de 65 nm con 410 millones de transistores. En este sentido, el uso de la nanotecnología da como resultado la fabricación de equipos de cómputo e informática mucho más veloces, con mayor capacidad de trabajo, mejor desempeño y ahorro de energía, y equipos más pequeños. Este avance tecnológico se introdujo en México en 2008, cuando la compañía Intel lo integró en sus productos (Laguna, 2007). Otro ejemplo de la participación de México en el campo nanotecnológico es su cooperación en el diseño y desarrollo de los llamados Sistemas Micro Electromecánicos (MEMS, por sus siglas en inglés) o elementos mecánicos, sensores, actuadores y electrónicos ubicados en un sustrato de silicio de tamaño micrométrico utilizados en las industrias eléctrica, automotriz, de telecomunicaciones y salud.

Como resultado del gran potencial de este nuevo nicho, la participación de la nanotecnología en el mercado se ha incrementado notablemente durante los últimos años, según el PEN (Project on Emerging Nanotechnologies) la cantidad de nanoproductos ha crecido en 279 por ciento desde el 2007, pasando de 212 a 813 productos, los cuales eran producidos por 464 compañías localizadas en 21 países diferentes. Dentro de estos nanoproductos, en México resalta la pintura antigrafiti, desarrollada por el Dr. Víctor Castaño Meneses, director del Centro de Física y

Tecnología Avanzada de la UNAM. Por otra parte, Lux Research proyecta que para el 2015 el 15 por ciento de los productos manufacturados en el mundo incorporarán avances a nivel nanoescala, lo que representará ventas por tres mil millones de dólares. El panorama descrito coloca a la nanotecnología como una herramienta para incrementar y mejorar la competitividad de las empresas a través de la innovación y la diferenciación de los productos. Sin embargo, resulta conveniente considerar que el buen uso de la nanotecnología es necesario para que su manipulación no represente riesgos para el medio ambiente y la población mundial (Laguna, 2007).

Es importante considerar que la nanotecnología forma parte de una transición que resulta ser más difícil, ya que gran parte de los avances relacionados a esta tecnología son resultado de la interdisciplinariedad (involucrando diversas disciplinas como la física, química, bioquímica, ingenierías, computación, medicina, biología, entre otras.). La National Science Foundation (NSF) en 2001 estimó que para el 2015 el mercado mundial de productos de nanotecnología sería de un billón de dólares. Algunas predicciones más recientes pronosticaban que se alcanzaría los 2.9 billones de dólares en 2014. No obstante, a pesar del escenario optimista, se requiere de muchas acciones por parte de los diversos actores sociales, sobre todo, en el caso de los países en desarrollo. En este sentido, resulta imperante el uso de políticas activas y de cierta diligencia oficial de los gobiernos para hacer posible no sólo el desarrollo, sino la asimilación, explotación de los potenciales y la minimización de los riesgos relacionados con la nanotecnología.

En el contexto mundial, el desarrollo de la nanotecnología está dominado por los Estados Unidos, Japón y Alemania, quienes aportan alrededor del 52 por ciento de la inversión mundial en nanotecnología (cerca de 12,400 millones de dólares). La inversión gubernamental representa 51 por ciento, la privada 43 por ciento y el capital de riesgo 6 por ciento.

Adicionalmente, Estados Unidos cuenta con cerca de un millón 260 mil investigadores, Brasil con 117 mil, Argentina con 39 mil, mientras que México sólo cuenta con cerca de 35 mil investigadores. Por otra parte, entre 1996-2006, las patentes mundiales pasaron de 300 a alrededor de 10,105, donde Estados Unidos significó 67 por ciento y Alemania

8 por ciento. En la actualidad, en México existen alrededor de treinta patentes registradas relacionadas con la nanotecnología que, en su mayoría, hacen referencia a los nanotubos de carbono⁴. Además, en esta misma línea, existen cerca de ochenta solicitudes de patentes. Dentro de las patentes mencionadas, EUA resulta ser el país que concentra la mayor parte de ellas, con más del 60 por ciento; seguido de México con cerca del 16 por ciento (donde el Instituto Mexicano del Petróleo es el principal actor), mientras que países como Noruega, Brasil, Alemania, Francia, República de Corea y los Países Bajos participan con niveles bajos, con menos de tres patentes y en su mayoría con tan sólo una. Como ya se vislumbraba, las patentes consisten fundamentalmente en nanotubos útiles para la eliminación de azufre de las gasolinas, el diesel, o hidrocarburos más pesados; adicionalmente, se relacionan con materiales cerámicos, medicamentos, materiales para construcción de dispositivos electrónicos, celdas fotoelectrónicas, pigmentos y cosméticos, dispositivos electroquímicos, materiales útiles para elaborar cremas, geles, lociones, polvos secos, espuma, etc.

Con respecto a las publicaciones existe una gran brecha entre México y los países desarrollados, e incluso respecto a países en desarrollo. Estados Unidos publica 39 veces lo que México, China 27 veces, Japón 18, Alemania 14, y Brasil lo duplica. No obstante, México duplica el número de publicaciones respecto a las argentinas. En cuanto a publicaciones de los centros de investigación de nanotecnología en el mundo, según el Dr. Gian Carlo Delgado (2008), México ocupa el lugar 70 de 100. De tal manera, que esto significa que en el país se están haciendo diversos esfuerzos, aunque es verdad que todavía falta mucho por hacer. Un ejemplo de éstos esfuerzos es el Dr. Mauricio Terrones, investigador del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), quien en 2008 fue considerado dentro de los 10 científicos más productivos y con más publicaciones científicas enfocadas a la

⁴ Los nanotubos de carbono están constituidos por redes hexagonales de carbono curvadas y cerradas, formando tubos de carbono nanométricos. Son sistemas ligeros, huecos y porosos que tienen alta resistencia mecánica, y por tanto, interesantes para el reforzamiento estructural de materiales y formación de composites de bajo peso, alta resistencia a la tracción y enorme elasticidad. Los nanotubos han fomentado la investigación a nanoescala en industrias tales como: productoras de cerámicas, metalurgia, láminas delgadas, electrónica, materiales magnéticos, dispositivos ópticos, catalizadores, almacenamiento de energía y biomedicina.

investigación de nanotubos en el mundo, de acuerdo al estudio publicado por Physical Status Solodi B.

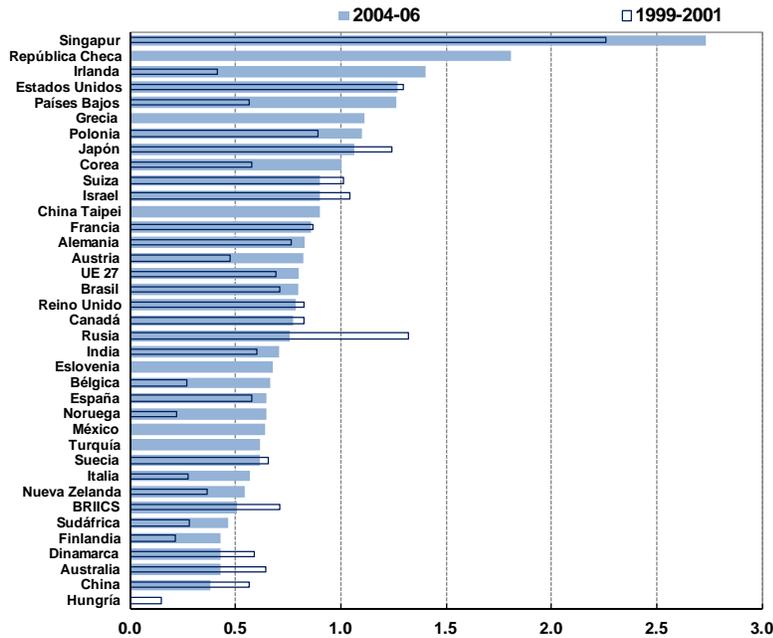
Adicionalmente, retomando lo ya descrito, la nanotecnología en México, conjuntamente con la biotecnología, puede dar un impulso importante a ciertas industrias claves, como es el caso de la farmacéutica y toda el área de salud. Como ejemplo dentro del campo de la medicina en México tenemos el desarrollo de proyectos de nanomedicina con un gran impacto social, las líneas de investigación están enfocadas a mejorar el diagnóstico y tratamiento del cáncer de mama y cervicouterino, así como arteriosclerosis y cálculo renal⁵. Desde esta perspectiva, en México el campo de la nanotecnología es una de las industrias emergentes más importantes. Sin embargo, a pesar de todos estos avances en la materia, hay que considerar que se trata de un nicho precompetitivo, donde todavía existen áreas de investigación que requieren de mayor tiempo e inversión de recursos para que pasen a la fase de comercialización. Este contexto prematuro puede representar una gran oportunidad para el inversionista mexicano, ya que se pueden definir las condiciones comerciales, alianzas estratégicas y canales de distribución de las nuevas soluciones tecnológicas.

Para mostrar la evolución favorable de la nanotecnología en México, se utilizó la ventaja tecnológica revelada en la nanotecnología⁶ publicada por la OECD en junio de 2009. Como se muestra en el siguiente gráfico, México ha tenido un buen desempeño, ya que de 1999 a 2001 su ventaja tecnológica revelada era de cero, mientras que para el periodo de 2004 a 2006 su ventaja fue de 0.64, colocándolo en la posición 26 de 37 economías contempladas, con niveles cercanos a los de Noruega, España y Bélgica.

⁵ Este desarrollo en el campo de la nanomedicina se ha dado por parte del Dr. Nikola Batina, director del Laboratorio de Nanotecnología e Ingeniería Molecular de la Universidad Autónoma Metropolitana, campus Iztapalapa.

⁶ Este indicador está calculado como la participación de la nanotecnología en el total de patentes de cada país, en relación con la participación de la nanotecnología en el total de patentes. Sólo se incluyen en el cuadro los países que contaron con más de 250 patentes durante los periodos considerados.

Gráfico 1. Ventaja Tecnológica Revelada en la Nanotecnología*
Aplicaciones de patentes en el Tratado de Cooperación en materia de Patente (PCT)



Fuente: Estadísticas de patentes de la OECD, junio de 2009. BRIICS se refiere a Brasil, Rusia, India, Indonesia, China y Sudáfrica.
 *Este indicador está calculado como la participación de la nanotecnología en el total de patentes de cada país, en relación con la participación de la nanotecnología en el total de patentes. Sólo se incluyen en el cuadro los países que contaron con más de 250 patentes durante los periodos considerados.

En México, el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 se identifica a la nanotecnología como un área estratégica. Ha sido el CONACYT el organismo que ha fungido el papel impulsor de dicha área. En el periodo 1998-2004 el CONACYT apoyó con 14.4 millones de dólares a 152 proyectos que involucraban a 58 instituciones de investigación. El 53 por ciento se asignó a la investigación de nanomateriales, 14 por ciento a química, 14 por ciento a electrónica, 12 por ciento a física, y 7 por ciento a otros. Para 2006, a través del CONACYT se otorgó apoyo a dos centros de investigación para la creación de laboratorios nanotecnológicos, los apoyos constaron en alrededor de 2 millones de dólares a cada centro, además se apoyó a 5 instituciones para la creación de megaproyectos estratégicos en el área de nanotecnología, a cada institución se le apoyó con alrededor de 9 mil dólares.

El apoyo público mexicano equivale a menos de uno por ciento de la inversión realizada en EUA, Japón y Corea, países donde la inversión supera los mil millones de dólares. A manera de ejemplo, Estados Unidos a pesar de no considerar los mismos objetivos para el desarrollo de la nanotecnología, al pasar a ser prioridad el uso de esa

tecnología para fines militares⁷, el país en cuestión no ha dejado de plantear a la nanotecnología como un sector estratégico. Los fondos federales destinados a las agencias incluidas en la National Nanotechnology Initiative se han incrementado desde 46. 4 millones de dólares en 2001 hasta 1,500 millones de dólares contemplados en el presupuesto norteamericano para el año 2009. Por otra parte, se estima que la inversión privada en nanotecnología en los Estados Unidos es de una cuantía similar a los recursos públicos destinados a este sector. Sumas similares dedican la Unión Europea y Japón, mientras que China y la India ya han comenzado a desarrollar esta nueva área del conocimiento (Terrones, 2007). Desde esta perspectiva, México se encuentra en una situación similar a la de Portugal, Grecia, Rumania e Irán. Así, en términos generales, lo que diferencia un grupo de países del otro, es que en los países en desarrollo no existe la suficiente vinculación de alta tecnología, ni un plan nacional de desarrollo tecnológico.

Al contrario de México, Brasil y Argentina cuentan con programas dedicados a la investigación desarrollo e innovación de la nanotecnología. Brasil cuenta con el Programa Nacional de Nanotecnología, y en 2005 invirtió cerca de 33 millones de dólares apoyando primordialmente a los laboratorios. Para ese mismo año Brasil contaba con 3 redes de investigación que involucraban a 50 instituciones nacionales, 6 extranjeras, y 2 empresas relacionadas con esta tecnología. Asimismo, este país contaba con 260 investigadores y con 500 estudiantes de posgrado. Sin embargo, una de las dificultades para Brasil en este ámbito, ha sido que no todas las iniciativas de investigación y desarrollo son de acuerdo a las necesidades tecnológicas de las empresas.

Por otra parte, Argentina cuenta con la Fundación Argentina de Nanotecnología, a cargo del Ministerio de Economía y Producción, el objetivo de esta fundación es aumentar el valor agregado en la producción nacional. Asimismo, Argentina otorgó en 2007 cerca de 1.8 millones de dólares para proyectos de Alta Tecnología.

⁷ Dejando en segundo plano la investigación para el desarrollo de la nanobiotecnología, nanomedicina nanoelectrónica, energías renovables, etc., lo que constituye las demandas y aplicaciones más ligadas a la industria o a la sociedad civil.

Conviene destacar que de manera conjunta estos dos países latinoamericanos han creado el Centro Argentino-Brasileño de Nanociencia y Nanotecnología, que inició operaciones en 2006; demostrando, así, la importancia que le dan a esta tecnología, a través de un esquema de cooperación.

Otro ejemplo de planificación sectorial es el europeo, donde la Comisión Europea toma en cuenta un escenario que se caracteriza por el despegue del mercado de los productos nanotecnológicos, el cual rebasaría en importancia al mercado de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, además, se considera que la nanotecnología provocará que el mercado de la biotecnología se multiplique por diez en un futuro próximo. Asimismo, la Comisión Europea declaró en el documento *Nanosciences and nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009*, que se tenía como objetivo inequívoco proporcionar condiciones favorables para que la innovación industrial a través del desarrollo de la investigación y la tecnología en torno a la nanotecnología, se traduzca en la generación de productos y procesos asequibles y seguros para la salud.

5.2. La nanotecnología en México

A pesar de la situación descrita, en la que México pareciera estar rezagado en el contexto internacional, el papel de este país latinoamericano no ha sido despreciable, México se coloca en la segunda posición en Latinoamérica (después de Brasil). Asimismo, resulta interesante que parte importante del financiamiento de esta nueva industria no proviene del gobierno federal por medio del CONACYT, ya que también están presentes los cofinanciamientos con instancias públicas locales y extranjeras, y también con diversas entidades privadas. De esta manera, se han buscado convenios con instituciones internacionales, conformando, no sólo redes a nivel nacional, sino también a nivel internacional. Como ejemplos de estos convenios tenemos el realizado entre la Universidad Estatal de Arizona-CIMAV-CONACYT, con el objetivo de hacer un clúster de innovación en nanotecnología en América del Norte, para realizarlo se creó un fondo en partes iguales de 16 millones de dólares, en un horizonte de 5 años. Otro ejemplo es el convenio realizado entre la Universidad de Texas, Austin-SUNY Albany-

CONACYT, donde cada uno aporta 250 mil dólares y el fondo a partes iguales por 20 millones de euros con la Unión Europea.

En la actualidad la infraestructura en nuestro país consta con una base de alrededor de 500 investigadores, 157 laboratorios, 17 plantas piloto, 340 líneas de investigación, 87 programas de posgrado relacionados al tema (con cerca de 257 alumnos en doctorado y 216 alumnos en maestría) y 94 empresas demandantes de productos nanotecnológicos. Según Milton Jorge (2009) de acuerdo a la encuesta sectorial realizada a 94 empresas con potencial nanotecnológico, siendo 64 por ciento grande empresa, 20 por ciento mediana, 12 por ciento pequeña, y 4 por ciento microempresa. El 59 por ciento de las empresas no conoce el tema o tiene un conocimiento incipiente acerca de la nanotecnología, además, se señala que, en general, las empresas no tienen acceso a laboratorios y plantas piloto equipadas para realizar proyectos de investigación en nanotecnología. Además, se identifica la creciente tendencia a requerir nanopartículas inorgánicas, desarrollo de nanotubos y metales para nanobiotecnología, diseño de software para simulación y diseño de nanomateriales y consultoría de procesos y nanoproductión. Finalmente, la encuesta referida señala que sólo el 16 por ciento de los encuestados reportaron que la nueva nanosolución sería utilizada para nuevos productos, mientras que el 84 por ciento restante la utilizaría para mejorar los productos actuales, reflejando la tendencia que tiene la nanotecnología en la diferenciación de productos y en el mayor contenido de valor agregado en los productos ya existentes.

De acuerdo a entrevistas realizadas por Milton Jorge International (noviembre 2008-mayo 2008) se identificaron hechos que afectan la comercialización de nano productos en México:

- Los esquemas de financiamiento público se perciben complejos, burocráticos y politizados.
- La inversión privada se considera altamente condicionada y requiere de tiempo, habilidad estratégica y recursos económicos considerables.

- El desarrollo científico está monopolizado y altamente condicionado por el gobierno, ya que la mayoría de los centros de investigación son de propiedad del Estado, además, carecen de modelos de incubación que incentiven la colaboración con la industria privada.
- La ley de trabajo limita la asociación comercial entre científicos y empresarios, limitando la difusión, promoción e inversión privada en proyectos científicos.
- La falta de una iniciativa nacional sobre nanotecnología limita la alineación entre la comunidad científica, política y empresarial en México.
- La red de nano laboratorios sigue fragmentada.
- La alta desarticulación de las instituciones de ciencia con las empresas se refleja en el número de productos o soluciones con muy baja viabilidad comercial.
- El desconocimiento de los inversionistas acerca del impacto de la nanotecnología en el mercado es enorme.

5.2.1. El caso de estudio: Clúster de Nanotecnología

A pesar de los obstáculos señalados, a nivel territorial conviene mencionar que existe un esfuerzo en varios estados, por ejemplo, en Nuevo León existe una conjunción de esfuerzos de distintas entidades: universidades como el Tecnológico de Monterrey y la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), el gobierno estatal, el gobierno federal, así como de distintas empresas que actualmente ya se encuentran afiliadas al “Clúster de Nanotecnología”⁸. Los gobiernos han apoyado a través del otorgamiento de fondos, facilidades (tales como el otorgamiento de terreno), y a través de centros de investigación del CONACYT, como es el caso del Centro de Investigación en

⁸ Actualmente los miembros del clúster son: CEMEX, Tecnológico de Monterrey, UANL, CIDESI, CIQA, CIMAV, Prolec GE, ACROS-Whirlpool, Owens Corning México, Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología, LAMOSA Porcelanite, METALSA, GRUPO SIMPLEX, Cydsa, Industrias VAGO, Arizona State University, The University of Texas at Austin, Vitro, SEDEK, Semex, Nematik, SIGMA Alimentos, UNIVEX Alpha, Viakable y VERZATEC.

Materiales Avanzados (CIMAV)⁹, del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)¹⁰ y del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)¹¹. De esta manera, estos apoyos, en conjunto con los de entidades privadas, han permitido el desarrollo del clúster.

En particular, el CIMAV ha fungido con un papel muy importante en el desarrollo del Clúster de Nanotecnología en Nuevo León. Los objetivos del CIMAV son encontrar aplicaciones de la nanotecnología y buscar a empresas que las utilicen, su sede central se encuentra en Chihuahua y cuenta con dos unidades externas: Nuevo León y Ciudad Juárez, como consecuencia de la necesidad de estar más cerca de las empresas demandantes de nanotecnología. Dentro del CIMAV Chihuahua existen tres áreas principales de atención: 1. desarrollo de energías alternas, 2. Laboratorio Nacional de Nanotecnología, 3. programas especiales de nanotecnología. Por otra parte, el CIMAV Nuevo León cuenta con 11 investigadores del Sistema Nacional de Investigadores, tiene aproximadamente un año de operar y se ha visto beneficiado por la gestión del gobierno del estado, la cual ha sido dirigida al impulso del desarrollo. Como resultado se ha atraído la participación de centros CONACYT, del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) de la Secretaría de Energía (SENER), de empresas extranjeras y de la Universidad de Texas, para que con una participación conjunta se impulse el desarrollo industrial, en específico a través del uso de la nanotecnología.

Los fondos requeridos para la construcción del Clúster de Nanotecnología, han provenido, en su mayoría, de los fondos mixtos (gobierno federal y estatal), en especial esto aplica para la operación de los centros de investigación del CONACYT, donde dichos fondos operan no sólo para la adquisición del terreno, sino para la construcción

⁹ El CIMAV realiza investigación científica, desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos en Ciencia de Materiales y del Medio Ambiente con criterios de excelencia, para impulsar el desarrollo sustentable regional y nacional de los sectores productivo y social.

¹⁰ El CIDESI ha apoyado a la instalación de empresas de base tecnológica en México, dando soporte de ingeniería y entrenamiento a su personal. El CIDESI ha desarrollado líneas robotizadas y máquinas especiales para importantes empresas del sector automotriz y de electrodomésticos, así mismo ha exportado equipo y participado en la instalación de líneas automáticas en el extranjero.

¹¹ El CIQA realiza actividades de investigación, docencia y servicios tecnológicos en el área de química, polímeros y disciplinas afines para contribuir al progreso del sector industrial, educativo y social, mediante la creación y transferencia de conocimiento científico y tecnológico, y la formación de capital humano especializado.

de los centros. La experiencia del CIMAV Nuevo León ha atendido principalmente a los sectores metal-mecánico, químico y cerámicos; en 2009 se contaba con los siguientes proyectos:

- Owens Corning México¹², enfocado al uso de la nanotecnología para el desarrollo de materiales aislantes de poliestireno para otorgar mayor resistencia al vidrio.
- Grupo Simplex S.A. de C.V.¹³, busca incrementar la vida de las cuchillas que se utilizan para el triturado de plástico mediante un recubrimiento nanoestructurado.
- LAMOSA¹⁴, la cual solicita los servicios del CIMAV para incorporar recubrimientos bactericidas en los sanitarios.

En esta relación de colaboración centro de investigación-empresa, no se ha resuelto cabalmente la cuestión de las patentes, lo cual puede ser un inhibidor para el desarrollo de nuevas tecnologías. Sin embargo, existe el sustento de que los beneficios resultantes de la aplicación de la nueva tecnología sean compartidos entre el centro de investigación y las empresas. Asimismo, durante todo el proceso del desarrollo tecnológico entre la empresa y el centro se usan los convenios de confidencialidad, los cuales consideran la no divulgación o fuga de información, sin embargo, no se considera nada relacionado con los derechos.

¹² Owens Corning México, nació con el nombre de Vitro Fibras S.A. fue producto de la unión en 1957 entre Owens Corning y Grupo Vitro -dedicados a la industria del vidrio-, como resultado de esta sociedad, la empresa estuvo soportada por la tecnología de punta de ambas empresas. Así, Owens Corning México, gracias a su visión innovadora y competitiva, ha logrado colocarse como un líder mundial en la producción de fibra de vidrio y de materiales para sistemas de construcción. La empresa está localizada en la parte noreste de la Ciudad de México, cuenta con más de 750 colaboradores. Produce aislamientos termoacústicos y refuerzos para plásticos con base en fibra de vidrio y comercializa tejas, vinyl siding, Cultured Stone™. Debido a esto, en OC México podemos encontrar la Planta de Aislamientos, la Planta de Refuerzos y los Centros de Distribución en Mexicali, Monterrey y San Luis Potosí. (información obtenida del sitio web de la empresa).

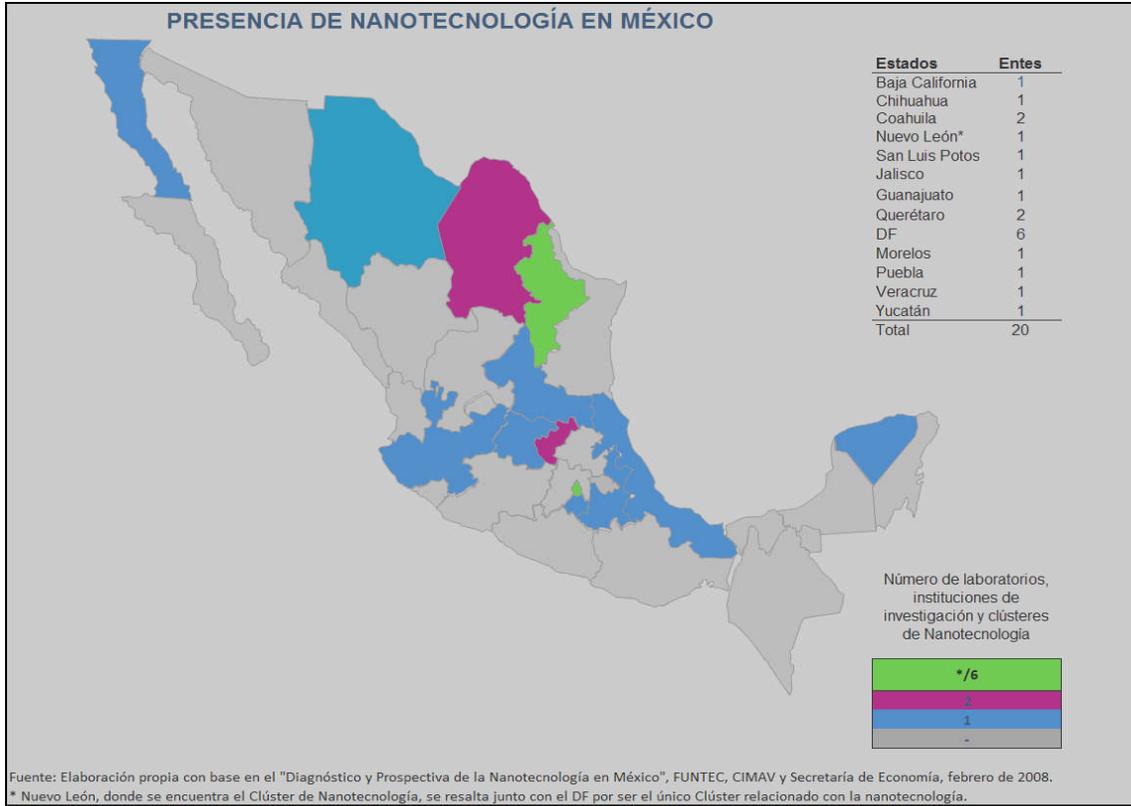
¹³ Es una empresa dedicada al acopio, procesamiento y venta de material plástico reciclable, con la finalidad de transformarlos en materia prima para la utilización en nuevos procesos con el fin de fomentar el reciclaje y mejorar el medio ambiente.

¹⁴ Lamosa participa mediante la manufactura y venta de productos para la construcción como revestimientos cerámicos, muebles sanitarios y adhesivos cerámicos. En lo que respecta al Sector Inmobiliario, se participa en desarrollos residenciales y comerciales principalmente en la zona metropolitana de Monterrey.

Adicionalmente, el CIMAV cuenta con vínculos con el CIDESI el cual busca *expertise*, que le puede aportar el CIMAV. Además, existen convenios formales, tal es el caso de la UANL, con la que se tiene un Posgrado en Nanotecnología.

Resultado de este tipo de relaciones, ha sido el desarrollo de una máquina de nanotubos de carbono, la cual tiene una producción a gran escala de dichos tubos, el prototipo fue elaborado por el CIDESI, y con ayuda del CIMAV se logró su desarrollo. Recientemente el clúster inauguró una incubadora, aprovechando a los estudiantes emprendedores de las distintas universidades. Con este proyecto se está buscando la inversión para la creación de nuevas empresas para impulsar la comercialización de la tecnología.

Adicionalmente al clúster de nanotecnología de Monterrey, en todo el país se han desarrollado programas de investigación sobre nanotecnología, el esfuerzo abarca ya a 20 entidades, lo que es signo del temprano, pero buen desempeño de este nuevo nicho, sobre todo a lo que se refiere a materia de investigación. La distribución geográfica de las principales entidades relacionadas con la nanotecnología se muestra en el siguiente mapa:



- I. CENTRO DE NANOCIENCIAS Y NANOTECNOLOGÍA (CNYN), UNAM. **BAJA CALIFORNIA.**
- II. LABORATORIO NACIONAL DE NANOTECNOLOGÍA (NANOTECH) DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS (CIMAV) Y CONACYT. **CHIHUAHUA.**
- III. CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA (CIQA), CONACYT. EN SALTILLO Y EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL (CINVESTAV). **COAHUILA.**
- IV. CLÚSTER DE NANOTECNOLOGÍA Y CIMAV, CONACYT. DENTRO DEL PIIT. **NUEVO LEÓN.**
- V. INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA (IPICT), CONACYT A TRAVÉS DEL LABORATORIO NACIONAL DE NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA. **SAN LUIS POTOSÍ.**
- VI. DIVISIÓN DE ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE LOS VALLES (CUValles) DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA (UDG). **JALISCO.**
- VII. LABORATORIO NACIONAL DE GENOMICA PARA LA BIODIVERSIDAD DEL CINVESTAV. **GUANAJUATO.**
- VIII. CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA (CENAM) Y EL CINVESTAV. **QUERÉTARO.**
- IX. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES (IIM), UNAM. CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS AL DESARROLLO TECNOLÓGICO (CCADET), UNAM. CENTRO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (CIITEC), IPN. CENTRO DE NANOCIENCIA Y MICRO NANOTECNOLOGÍA, IPN. LABORATORIO DE NANOTECNOLOGÍA DE LA UAM, UAM. INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO (IMP). **DF.**
- X. CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA (CIE), UNAM. **MORELOS**
- XI. INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA (INAOE), CONACYT. **PUEBLA.**
- XII. CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MICRO Y NANOTECNOLOGÍA (MICRONA), UNIVERSIDAD VERACRUZANA (UV). **VERACRUZ.**
- XIII. LABORATORIO DE QUÍMICA MARINA .CINVESTAV. **YUCATÁN .**

Esta reseña muestra el esfuerzo que está realizando México por desarrollar la nanotecnología, a lo que habrá que agregar que este nicho es uno de los sectores claves especificados en el Plan Nacional de Desarrollo 2007–2012; adicionalmente, la Secretaría de Economía está diseñando un programa nacional de nanotecnología que contenga metas, objetivos, estrategias y acciones, con el fin de poder generar sinergias de esta industria con otras y con países latinoamericanos como Brasil y Argentina.

6. Una visión de prospectiva: tendencias pesadas, gérmenes de cambio y escenarios

Considerando los apartados anteriores se puede configurar una visión de prospectiva, donde, como parte esencial, se pueden identificar tendencias pesadas que pueden implicar un freno y/o ruptura para el desarrollo de la nanotecnología. Dentro de las principales tendencias pesadas tenemos la baja participación del Estado en México, lo que conlleva, a su vez, a otras tendencias pesadas: la falta de una planeación estratégica a largo plazo, tanto a nivel nacional, como a nivel local y sectorial; intervenciones sectoriales poco efectivas, bajos niveles en inversión en investigación y desarrollo. Asimismo, existe una monopolización del desarrollo científico, y además se encuentra condicionado por el gobierno; los esquemas de financiamiento son complejos, existe una alta desarticulación de las instituciones de ciencia con las empresas, y persiste el desconocimiento de los inversionistas acerca del impacto de la nanotecnología en el mercado.

Por otra parte, la dependencia que persiste con Estados Unidos, sobre todo en lo que se refiere al ámbito comercial (cuestión que ha repercutido en una mayor fragilidad ante la crisis financiera global de 2008) también se puede considerar como una tendencia pesada. De igual forma, la debilidad de la estructura productiva mexicana representa un freno para el desarrollo económico en general, ya que no se pueden establecer eslabonamientos productivos efectivos. El resultado de todas estas tendencias pesadas ha sido la relativa baja participación de México en el contexto internacional, aunque, en lo que concierne a América Latina no se encuentra tan rezagado.

En contrasentido, están los llamados gérmenes de cambio, que pueden dar lugar a un mayor impulso de la nanotecnología en México. Dentro de los principales gérmenes de cambio tenemos que la nanotecnología se trata de un sector pre-competitivo, lo que implica, entre otras cosas, que existe un gran potencial para generar un mayor número de nuevos productos para comercializar, mayor productividad y competitividad, al permitir la diferenciación de productos y dar un mayor contenido de valor agregado de

los mismos. Finalmente, se identifica el uso de las alianzas público-privadas para el financiamiento y el impulso, en general, de la nanotecnología.

En lo que respecta a la creación de escenarios se consideraron como variables el grado de efectividad de la intervención sectorial y los esquemas de financiamiento. La variable de intervención sectorial implica la conformación de redes productivas en el campo de la nanotecnología (por ejemplo clústeres, parques industriales, etc.), además de la orientación que dicha intervención pueda tener, ya sea una enfocada a la empresa o a la investigación, lo que implicaría qué uso se estaría dando a la nanotecnología. En lo referente a los esquemas de financiamiento, se contempla el cómo se presentan, ya sea por medio de la distribución de los riesgos, es decir, por medio del co-financiamiento, o de manera unilateral; asimismo, se caracterizan a dichos esquemas entre si son públicos, privados, o una combinación de ambos.

Escenario I: La política sectorial no es efectiva o incluso inexistente y el esquema de financiamiento es unilateral, en su mayoría por parte del sector privado. Este escenario se caracteriza por no fomentar de manera clara a la nanotecnología, se está desaprovechando a este nicho precompetitivo y, por ende, a su mercado. El poco desarrollo de esta nueva tecnología está en manos de los privados, el impulso del nuevo nicho depende totalmente del sector privado y el uso de la nanotecnología está en función de las empresas. La difusión de la información sobre los beneficios y límites de la nanotecnología es incipiente. Actualmente, se podría incluir en este escenario a países como Hungría, los centroamericanos, y algunos de América Latina con excepción de Brasil, Argentina y México.

Escenario II: La política sectorial existe, aunque es medianamente efectiva, la planeación es insuficiente y no es a largo plazo. El esquema de financiamiento es mixto, es decir, existe la unilateralidad y la distribución de los riesgos; existen las alianzas público-privadas. En este escenario se impulsa a la nanotecnología marginalmente, por lo que su desarrollo se daría de manera lenta, lo que implicaría que el aprovechamiento del nuevo mercado sea parcial. Existen algunas redes productivas, aunque persisten las empresas y centros de investigación sin vinculación, asimismo,

aún falta la difusión sobre los beneficios y límites de la nanotecnología. El uso de la nanotecnología es tanto empresarial, como científico. Algunos de los países que actualmente estarían dentro de este escenario serían México, Brasil, China, India, Grecia, Portugal, España y Argentina.

Escenario III: La política sectorial es efectiva y el esquema de financiamiento se caracteriza por la distribución de los riesgos, existe la alianza público-privada. Desde esta perspectiva se impulsa y fortalece a la nanotecnología, en parte, sustentado por una planeación a largo plazo. Se aprovecha el mercado interno y externo, se es competitivo tanto a nivel nacional, como internacional. Existen las redes productivas, ya sea en forma de clústeres o parques industriales, se fortalece todo el proceso productivo, desde la investigación, hasta la comercialización de los productos. En consecuencia, el uso de la nanotecnología se encuentra en un punto medio, tanto científico, como empresarial. La difusión de la información sobre los beneficios y límites de la nanotecnología es buena. Dentro de este escenario estarían incluidos países como Estados Unidos, Alemania, Japón, Israel y Corea.

Para que México llegase a tener más características del escenario deseable, es decir, del Escenario III, resulta conveniente abatir las tendencias pesadas y aprovechar los gérmenes de cambio, además de una planeación estratégica a largo plazo; claro, conservando los grandes avances que se han dado en el campo de la nanotecnología.

7. Conclusiones y recomendaciones

Resulta necesario definir un programa nacional de nanotecnología, incrementar la colaboración entre los diferentes grupos de investigación (de tal manera que se logre una interacción multidisciplinaria), aumentar el presupuesto asignado a este rubro, disminuir la dependencia tecnológica extranjera, incrementar la confianza empresarial hacia el desarrollo de proyectos mexicanos y la adquisición de equipo científico de vanguardia y de plantas piloto, difundir información acerca de los programas gubernamentales orientados a la investigación y desarrollo, y finalmente, la simplicidad en los trámites burocráticos.

Como se mencionaba, la interacción multidisciplinaria es esencial, dicha interacción corresponde a dos sentidos, por un lado la interacción entre científicos como biomédicos, ingenieros, biólogos, químicos y físicos, para lograr una mejora en la investigación, desarrollo y nanoproducción; y, por otro lado, tenemos la interacción entre el sector público y privado para lograr una mejor estrategia de mercado, y así poder llegar al estadio de la comercialización de los productos. La interrelación multidisciplinaria debe darse entre universidades, el gobierno y el sector privado, tal como ha sucedido con éxito en el Clúster de Nanotecnología de Nuevo León. De esta manera, surge la necesidad de desarrollar una política regional capaz de incentivar la conformación de clústeres o centros de nanotecnología aplicada en torno a las actividades predominantes en el territorio nacional. Asimismo, la política también debe estar sustentada en un sistema educativo acorde a las prioridades sociales más relevantes, considerando no sólo el contexto nacional, sino el internacional, para así poder impulsar la competitividad a largo plazo.

La nanotecnología puede constituir la plataforma para incrementar la competitividad de las empresas a través de la diferenciación de los productos y del desarrollo de nuevos. De esta manera, la innovación puede fungir, una vez más, como el detonador de ciertas industrias, claro, sin dejar de tomar en cuenta los retos que aún persisten, tales como los relacionados con la propiedad intelectual, patentes, comercialización, etc. Por ende, debe ser prioridad, durante el desarrollo de esta plataforma, considerar los temas

regulatorios y de registros, de política fiscal, de valor y viabilidad de mercado, de licenciamientos, entre otros mecanismos regulatorios, así como los temas de financiamientos, alianzas estratégicas y estrategias de comercialización.

Finalmente, para obtener un mayor impacto y rapidez, los productos desarrollados deben estar en función de las necesidades de las industrias, empresas y mercados, de tal forma que se tradujeran en innovaciones relevantes. De esta manera, se estarían abatiendo las fallas de las cadenas de valor y su proyección en términos de ventajas competitivas para las empresas y para la economía en general.

8. Referencias

- Alchian, A. (1950). *Uncertainty, Evolution and Economic Theory*. Journal of Political Economy, 58: 211-222.
- Bosch P y Piña C. (2009). *Nuevos Materiales*, 1ª edición, México: Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Boschma, R., Van der Knaap, G.A. (1997), New Technology and Windows of Locational Opportunity: Indeterminacy, Creativity and Chance. In Reijnders, J. (ed), *Economics and Evolution*. Cheltenham UK and Lyme US: Edward Elgar, 171-202.
- Boschma, R., Wenting, R. (2007). *The Spatial Evolution of the British Automobile Industry. Does Location Matter?* Industrial and Corporate Change, en prensa.
- Duncan C. y Duncan W. (1986). “*Models of Change: Rechannell the Mainstream*” en *It's Everybody's Business: A People's Guide to Economic Development*; EUA: Southern Exposure, Durham, NC.
- Duranto G. y Storper M. (2005). *Agglomeration and growth: a dialogue between economists and geographers*, Journal of Economic Geography, Oxford University Press.
- Essletzbichler J. y Rigby D. (2007). *Exploring Evolutionary Economic Geographies*, Journal of Economic Geography, Oxford University Press.
- Fernández de Lara C. (2008, noviembre 6). “*Nanotecnología mexicana, en pañales*”, México: Excélsior.
- Foladori G. e Invernizzi N. (2006, abril). “*La nanotecnología: una solución en busca de problemas*”, México: Comercio Exterior, vol. 56, núm. 4.
- Fujita, M., Rivera-Batiz, F. L. (1988). *Agglomeration and heterogeneity in space: introduction*. Regional Science and Urban Economics, 18: 1–5.
- Galán J. (2005, febrero 13), “*Llaman a impulsar en México la micro y nanotecnología*”, México: La Jornada.
- Hancock M. (2006, verano). *OAW Interview, “Emilia Romagna’s Success: A Model for Ohio Manufacturing?”* EUA: Owners At Work.
- Hancock, M. (2006, agosto 23). “*Introduction to the Emilian Model*”, Chicago, IL: Center for Labor and Community Research, www.clcr.org/publications/other/Intro_Emilia_Romagna.doc.
- Hodgson, G. (1993): *Economics and Evolution. Bringing Life Back into Economics*, Oxford: Polity Press.
- Hodgson, G. (2002) *Darwinism in Economics: From Analogy to Ontology*. Journal of Evolutionary Economics, 12: 259-281.
- Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual, Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Intelectual: <http://siga.impi.gob.mx/>.
- Jorge M. (2009, enero-junio). “*Nanotecnología; un nuevo futuro para los investigadores y una mina de oro para los inversionistas y empresarios mexicanos*”, México: Revista Mundo Nano, vol. 1, núm. 2.

- Klepper, S., Simons, K.L. (2000). *The Making of an Oligopoly: Firm Survival and Technological Change in the Evolution of the US Tire Industry*. Journal of Political Economy, 108: 728-760.
- Laguna M. (2007, septiembre). “México, dependiente de nanotecnología”, México: Revista Fortuna, Año V, No. 56.
- Lipnack J. y Stamps J. (1993). *The Team Net Factor: Bringing the Power of Boundary Crossing Into the Heart of Your Business*, Cap VI: Small Giants: How Grass-Roots Companies Compete with Global Corporations?, EUA: John Wiley and Sons, p136.
- Metcalfe, S. (1998). *Evolutionary Economics and Creative Destruction*. London and New York: Routledge.
- OECD (2009, junio), Estadísticas de Patentes.
- Pedreño A. (2009, enero-junio). “Crisis económica, conocimiento y políticas para el desarrollo de la nanotecnología”, México: Revista Mundo Nano, vol. 1, núm. 2.
- Ruiz C. (2010). “La crisis financiera actual y sus secuelas”, México:
- Saviotti, P., Metcalfe, S. (1991) *Evolutionary Theories of Economic and Technological change*, Chur, Switzerland: Harwood Academic Publishers.
- Schumpeter, J. (1942) *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper and Row.
- Secretaría de Economía, FUNTEC, CIMAV (2008, febrero) *Diagnóstico y Prospectiva de la Nanotecnología en México*, <http://www.economia.gob.mx/swb/work/models/economia/Resource/2538/1/images/Nanotecnologia.pdf>
- Simon, H. (1957) *Models of Man*. New York: John Wiley.
- Solano L. (2005, agosto 18). “México, con científicos de alto nivel en nanotecnología, pese a falta de impulso”, México: La Jornada.
- Storper, M. y Walker, R. (1989). *The Capitalist Imperative: Territory, Technology and Industrial Growth*, Oxford: Blackwell, Introduction and chapter 1.
- Terrones H., Instituto Potosino de Investigación en Ciencia y Tecnología (2007, enero), “Nanociencia y Nanotecnología en México”, México: Gaceta Biomédicas.
- Záyago-Lau E. y Foladori G. (2010), *La nanotecnología en México: un desarrollo incierto*, México: Economía, Sociedad y Territorio, vol. X, núm. 32, pp. 143-178.