Nuevos nichos de industrialización en México

Clemente Ruiz Durán

Clemente Ruiz Durán es coordinador del Posgrado en Economía y profesor de la Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

A partir del análisis de la evolución de la industria mexicana desde 1960 hasta nuestros días, el autor plantea que la apertura de la economía y en particular el TLCAN produjeron un cambio estructural en el modelo de desarrollo industrial transformando la composición de la producción industrial de un esquema centrado en alimentos y bebidas, combinadas con textil y cuero (representaban 50% de la producción en los 60) hacia uno centrado en productos metálicos, maquinaria y equipos y productos químicos (representan 56% de la producción).

Aunque el proceso de integración con EEUU condiciona al modelo de acumulación, el cambio de las hegemonías a nivel internacional permite seguir transformando el aparato productivo a través de la innovación. El trabajo presenta los resultados de la aplicación de políticas públicas orientadas a construir nuevos núcleos de industrialización de alta tecnología que han contribuido a transformar tanto la geografía económica como la actividad productiva mediante la innovación.

El análisis es parte del proyecto de investigación de PAPIIT, "Nuevos Nichos de Industrialización" (IN306908) en donde participan Luis Fabián Bonilla Yarzábal, David Cervantes Arenillas, Marco Jaime Merino Navarro, Víctor Hugo Osorio Gordillo, Carlo Pietra Santa Fernández, Christopher Alberto Sánchez Vázquez, Elmer Solano Flores y Judith Zárate Ramírez.

Introducción

Al inicio de la segunda década del siglo XXI, México es una de las quince economías manufactureras más importantes del mundo[1], ocupando el segundo lugar en la región latinoamericana después de Brasil; esto ha sido producto de la acumulación de conocimientos, y por ende, de saber cómo producir en la fábrica mundial de manufacturas. Este afán industrializador se puede mostrar señalando que en 2008 México contaba con 435.436 establecimientos industriales[2], lo que se compara favorablemente con Estados Unidos de América, que en 2006 contaba con 293.919 establecimientos[3]. Sin embargo, es necesario destacar que el tamaño de planta es mucho más pequeña, ya que el nivel de ingreso promedio por establecimiento es de 824 mil dólares en México versus 18 millones de dólares en Estados Unidos de América. En este sentido, México ha logrado acumular capacidades productivas en el sector manufacturero, aunque al interior de este sector existe un subgrupo de empresas que continúan generando un bajo valor agregado y que por lo mismo requieren transformarse para lograr un mayor nivel de ingreso promedio que les permita competir en la economía global. Esta tarea requiere de un replanteamiento del modelo de industrialización, el reto mexicano es lograr la transformación de una planta manufacturera competitiva por bajos costos, hacia una basada en la innovación. Esta situación abre un debate interesante para un país en desarrollo como México, donde el proceso de industrialización no ha terminado

[1] De acuerdo al Banco Mundial en 2008 el valor agregado manufacturero fue de 199 mil millones de dólares, ocupando el 13avo lugar en el total mundial *(World Development Indicators Online)*.

[2] INEGI, Resultados Oportunos de los Censos Económicos 2009.

[3] US Bureau of the Census 2007 Economic Census.

de madurar, y además se tiene que enfrentar de lleno a un proceso de integración progresiva con los Estados Unidos de América, se trata de una transformación donde los agentes externos imponen restricciones al cambio de modelo de acumulación industrial. Sin embargo, el recambio de las hegemonías a nivel internacional ha creado nuevas oportunidades para transformar el aparato productivo sin tener que necesariamente entrar en un conflicto. Este ensayo intenta mostrar cómo en medio de esta difícil coyuntura se han logrado construir nuevos nichos de industrialización de alta tecnología, transformando la geografía económica y abriendo una puerta hacia la transformación productiva con innovación.

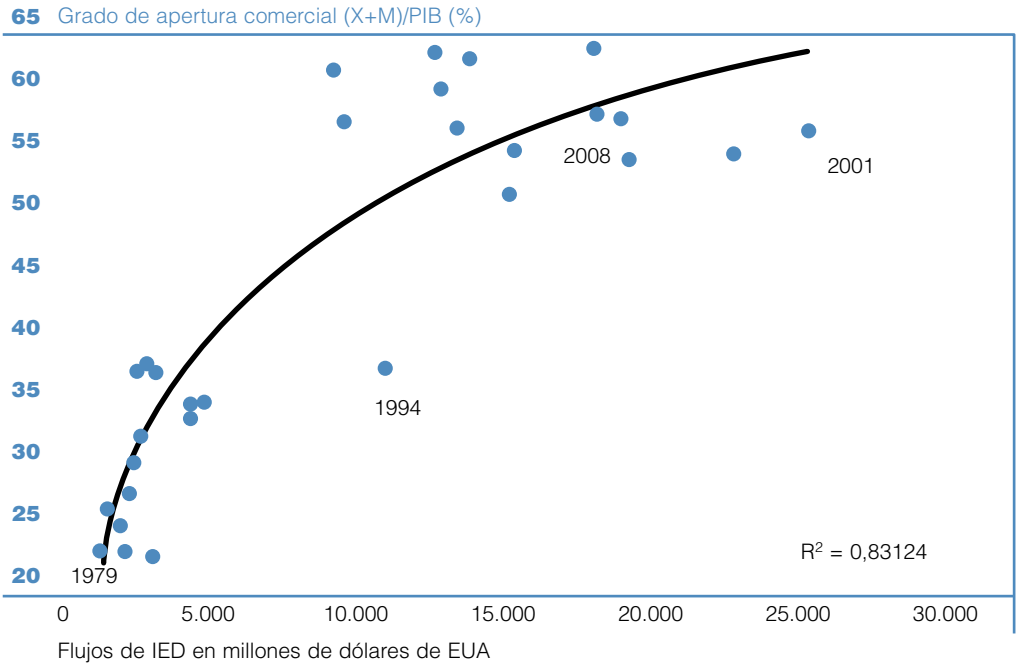
1. La visión industrial a través del tiempo, 1960 a 2009: el avance de la complejidad

La planta manufacturera mexicana ha sido construida en forma continua a lo largo de las últimas siete décadas en que se inició la industrialización ligera. El impulso más importante provino de la etapa de sustitución de importaciones, que se inició a finales de los años cuarenta, con una perspectiva dirigida y que culminó en 1982 con la crisis de la deuda externa. Esta fase estuvo sustentada en el apoyo del Estado, que consistía en un amplio esquema de protección (que otorgaba un amplio grado de monopolio a los empresarios, permitiéndoles vender a precios mayores a los imperantes en el mercado internacional, a pesar de ser menos competitivos), en la creación de empresas estatales para dotar a la inversión privada de insumos a precios subsidiados, en el desarrollo de infraestructura para conectar a los mercados locales emergentes, en la aportación de divisas contratadas con deuda externa para financiar las importaciones del sector privado, y en un sin fin de acciones, mostrando la voluntad estatal de no escatimar ningún esfuerzo para apoyar a los empresarios para desarrollar capacidades industriales. Sin embargo, se dejó de lado la idea de estructurar una visión de largo plazo que orientara la reinversión de utilidades hacia una mayor integración productiva y el desarrollo de áreas de mayor tecnología. El modelo de sustitución de importaciones funcionó hasta principios de la década de los ochenta, cuando el PIB manufacturero alcanzó los 51 mil millones de dólares (1981), equivalente al 8 por ciento del PIB manufacturero de los Estados Unidos de América; esta estrategia se enfrentó en 1982 a la crisis de la deuda externa mexicana, la cual imposibilitó el continuar utilizando el financiamiento público para abastecer el mercado de divisas, forzando a una reestructuración del modelo de desarrollo mexicano. En ese momento se convino una restructuración de la deuda externa y los países industriales plantearon que la solución al problema sería utilizar a la inversión extranjera como fuente de financiamiento. Esta propuesta fue expuesta en forma clara y precisa por el presidente Reagan en la reunión conjunta del Fondo Monetario Internacional y del Banco Mundial en septiembre de 1984, en donde señaló: *"los gobiernos pueden impulsar mejor el crecimiento económico reduciendo su gasto y cortando las tasas de interés, en vez de planear una elaborada política industrial, esta es nuestra estrategia para el crecimiento (...) queda claro que los países en desarrollo requerirán flujos de capital, pero tendrán que depender menos de la deuda y más en la inversión privada, tanto interna como externa, ya que las políticas que buscan atraer la inversión extranjera son idénticas con aquellas políticas que buscan estimular el ahorro interno y las inversiones"*[4]. Los gobiernos latinoamericanos consideraron que esta visión era oportuna para ayudarles a reestructurar sus economías, México no fue la excepción.

[4] Promoting global economic growth –President Reagan address before meeting hold by World Bank and IMF on September 25– transcript by US Department of State Bulletin, November 1984.

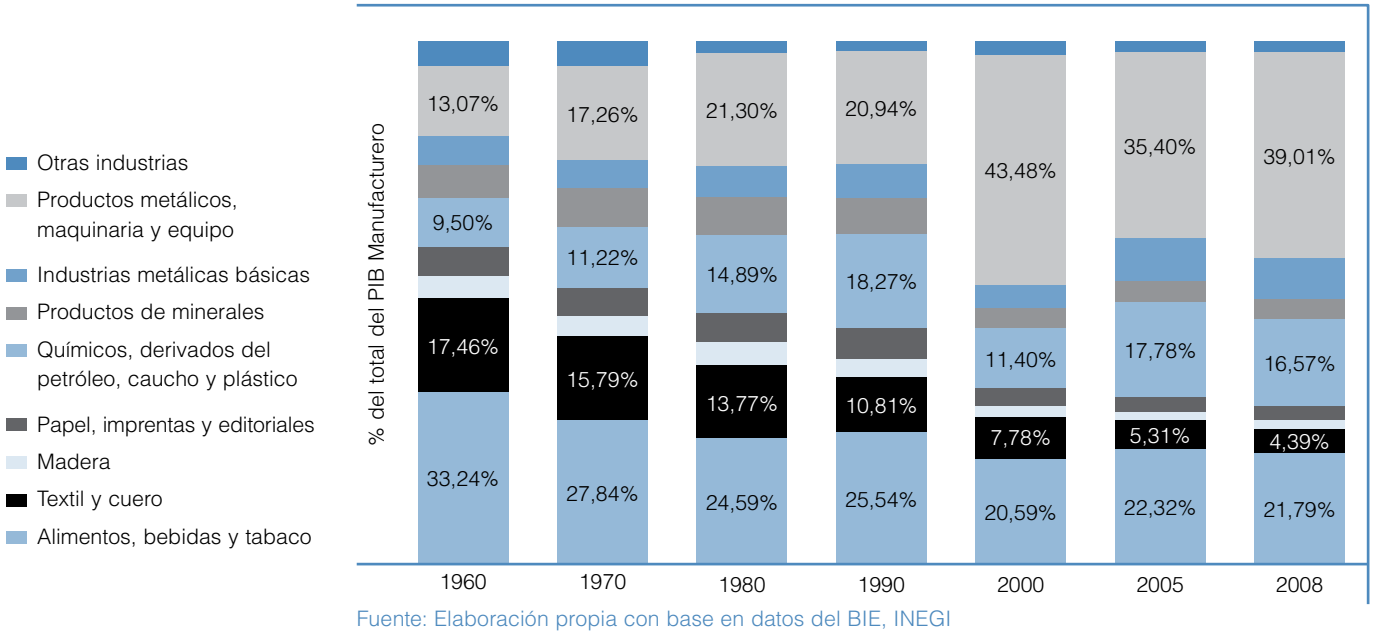
Con esta visión, la lógica de la acumulación de capital se alteró de manera radical, ya que en el modelo anterior se fundamentaba en la generación de ganancias a través del diferencial de precios internos sobre el nivel internacional, en el nuevo modelo se partía de la aceptación de los precios internacionales como el límite, por lo que era necesario ajustar los costos, especialmente los salariales. Este cambio en la forma de generar ganancias, sin lugar a dudas, modificó el desarrollo de toda la economía, alterando los equilibrios que se habían conseguido y los ejes de la acumulación, en donde la clave había sido el mercado interno y a partir del cambio sería la demanda externa. En este sentido, se cambió de un modelo de economía semicerrada hacia uno de economía abierta, lo que implicó entrar a la dinámica de la competitividad global.

Gráfico 1. México: apertura comercial y flujos de inversión extranjera 1979 a 2008



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco Mundial WDI

Gráfico 2. México: cambio en la estructura de la industria manufacturera



Fuente: Elaboración propia con base en datos del BIE, INEGI

Este cambio hacia un modelo más complejo en donde los industriales tenían que competir en el exterior y proveer recursos para el mercado de divisas, obligaba a montar una planta productiva más orientada hacia el mercado externo, para lo cual los empresarios asumieron un esquema de bajos costos. El cambio hacia el mercado externo no fue una tarea fácil de lograr, ya que la planta productiva estaba orientada hacia el mercado interno con bienes que no eran atractivos para los mercados globales, esta tarea requería de una reestructuración de grandes dimensiones que sólo sería posible con fuertes flujos de inversión. Lo anterior motivó a que el gobierno y los empresarios buscaran un acuerdo comercial con Estados Unidos de América y Canadá, lo que llevó a la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, que fue puesto en marcha en 1994. Esto motivó a un flujo importante de inversión extranjera hacia México, permitiendo en un corto plazo contar con capacidades de exportación, fundamentalmente en el sector automotriz, electrónico, de computación, y químico. En este sentido, la apertura de la economía, pero especialmente la firma del TLCAN, alentó el ingreso de flujos de inversión extranjera, la relación entre ambas se muestra en el *Gráfico 1,* donde se puede observar cómo, en términos generales, ante una mayor apertura comercial los flujos de IED son mayores.

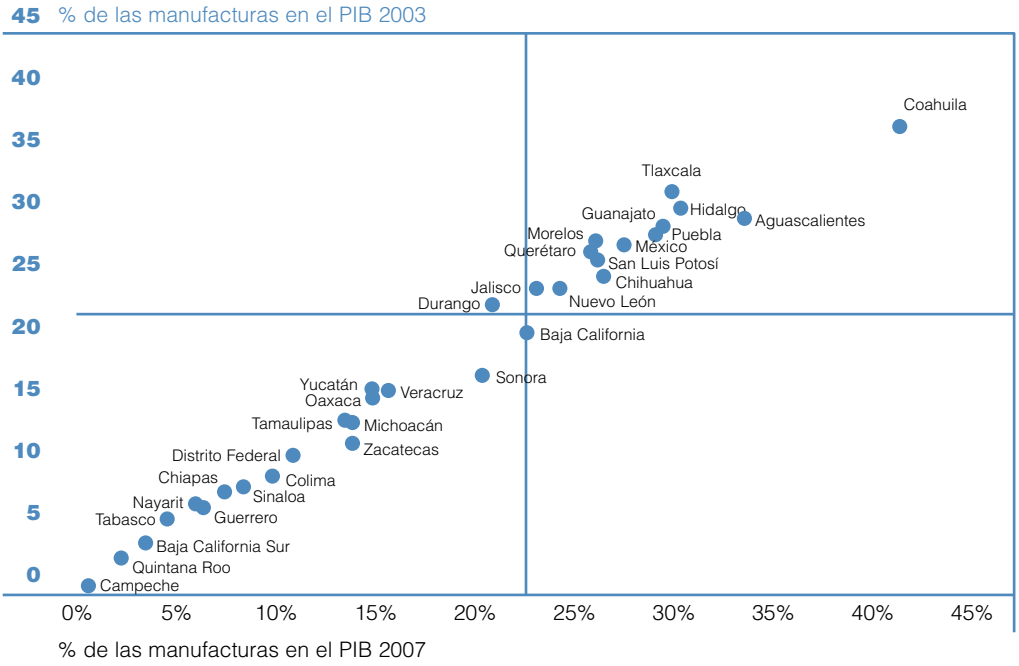
Las modificaciones en el modelo trajeron consigo un cambio estructural fundamental, transformando la composición de la producción industrial de un esquema centrado en alimentos y bebidas, combinado con textil y cuero (que ocupaban el 50 por ciento de la producción en 1960), hacia uno centrado en productos metálicos, maquinaria y equipo y productos químicos (que aportan el 56 por ciento de la producción), tal como se muestra en el *Gráfico 2.* La dinámica de esta reestructuración ha llevado a que sea la industria de transporte (automotriz y de autopartes) la que mayor contribución realiza al crecimiento del PIB manufacturero en el período 1993 a 2009, seguido por la industria de alimentos y bebidas, la fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y otros equipos, y la industria química.

El cambio estructural no ha ido acompañado, en su mayoría, del desarrollo de tecnologías propias, por lo que se ha generado una planta productiva con amplias necesidades financieras para importar los insumos requeridos y pagar por las nuevas tecnologías. Son pocos los sectores que han logrado desarrollar tecnologías propias, sin embargo, destaca el creciente registro de patentes en autopartes y en cuestiones electrónicas, lo que da muestra de un proceso de innovación que poco a poco incentiva nuevos negocios en sectores claves.

2. La distribución geográfica de la complejidad: el patrón de especialización productiva a través del tiempo

La crisis de la deuda externa mexicana trajo consigo una crisis del gobierno central, el cual tuvo que reducir sus tareas de promoción que había desarrollado a lo largo de las últimas cinco décadas, lo que llevó a un colapso de la política industrial. Al reducirse el presupuesto del gobierno federal y existir un vacío en materia de política industrial, las entidades federativas empezaron a crear un ambiente propicio para la atracción de la inversión extranjera, creando así un esquema de competencia entre ellas, tratando de mostrar que contaban con condiciones más favorables que sus vecinos para inducir un crecimiento acelerado. Esta política tuvo éxito para las entidades federativas que contaban con una infraestructura aceptable, con mano de obra calificada y con una red de instituciones para la capacitación técnica, por lo que el proceso fue sumamente dispar, induciendo una mayor polarización.

Gráfico 3. Grado de profundidad industrial a nivel estatal (manufacturas en el PIB estatal)



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Este proceso se dio en medio de un esfuerzo exportador creciente, por lo que la relocalización industrial respondió a varios elementos: mejor ubicación para la exportación, política de promoción industrial de la entidad federativa, recursos disponibles para la elaboración de manufacturas (servicios, capital humano calificado, entre otros), y a la descentralización de actividades del Distrito Federal. Todo esto bajo la directriz del mercado, sin que hubiera una intervención pública definida de cómo sacar el mejor provecho de la relocalización. En este sentido, se puede argumentar que el sector público abrió el espacio para que la competencia entre entidades federativas fuera la que determinara la relocalización, lo que permitió la industrialización y la formación de clusters en ciertas regiones. Se crearon nuevas zonas de industrialización, aumentando las capacidades productivas industriales, como es el caso de Coahuila, Aguascalientes, Hidalgo, Tlaxcala, Guanajuato, Morelos, Querétaro, Puebla, México, San Luis Potosí, Jalisco y Nuevo León, cuyo grado de profundidad industrial (porcentaje de las manufacturas en el PIB estatal total) resultó ser superior a la media en 2007.

3. El surgimiento de *clusters* y la conformación de nuevas regiones

La relocalización de la industria fuera del ámbito del Distrito Federal estuvo asociada en los años ochenta y noventa a un esquema de reindustrialización de ciertas regiones, como es el caso de la región occidental (Jalisco, Aguascalientes, Querétaro, Guanajuato y San Luis Potosí) que de ser la sede de la industria tradicional (calzado, orfebrería de oro, confección), pasó a ser una región de reindustrialización productora de automóviles, autopartes, electrónicos, computadoras, y electrodomésticos, aunque la mayor parte derivado de la atracción de inversión extranjera. En algunos casos, grupos de empresarios nacionales decidieron transformar sus actividades tradicionales, como es el caso de la empresa de electrodomésticos Mabe (de la familia Berrondo), que establece en 1994 el Centro de Tecnología y Proyectos en Querétaro y que logra una fuerte expansión en la región latinoamericana. El proceso de reindustrialización permitió que la región obtuviera un nivel de industrialización de 27 por ciento como porcentaje del PIB regional.

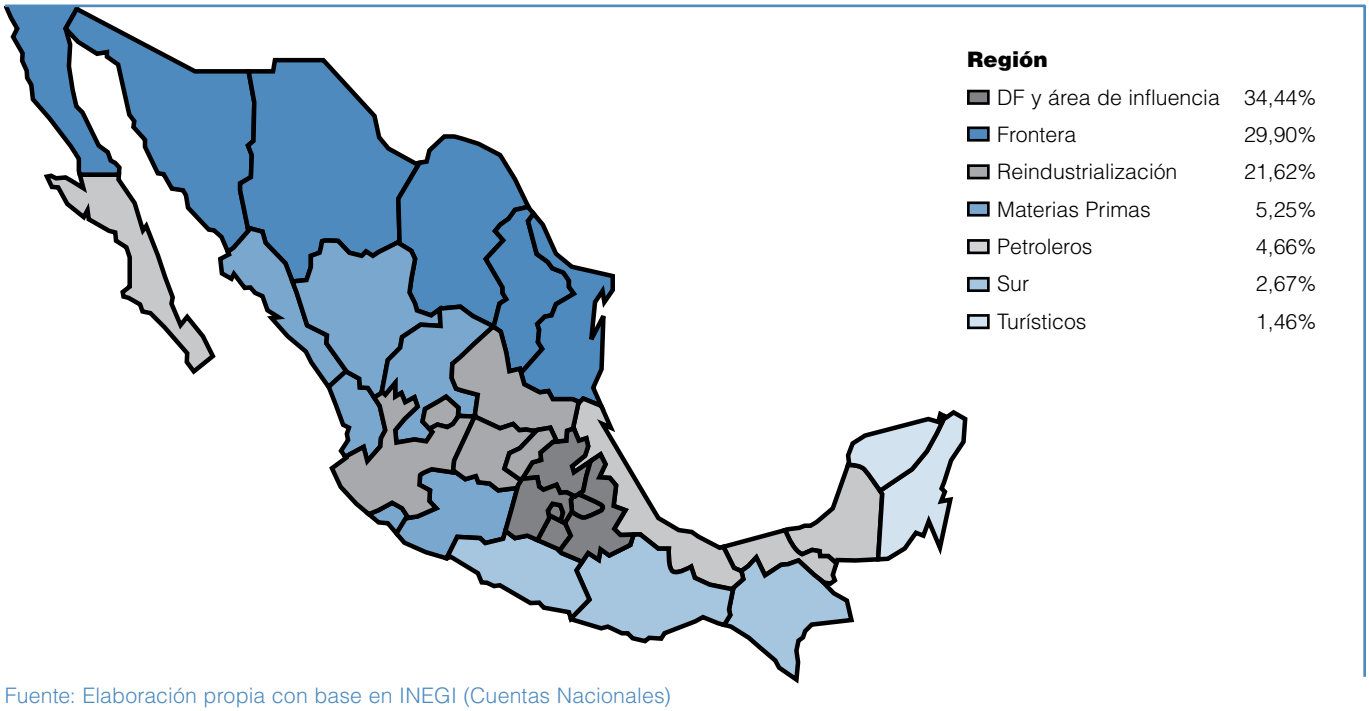
En el norte del país, la región fronteriza, pasó de una región netamente maquiladora, a una región productora de procesos más complejos, Jorge Carrillo[6] se animó a sugerir que se habían transformado en maquiladoras de tercera generación, lo que resultó un hecho es que el tamaño de planta se aumentó y se generó un proceso de diversificación. En los noventa no sólo se relocalizaron varias empresas automotrices, sino que también se construyeron plantas totalmente nuevas para abastecer el mercado estadounidense, como es el caso de Toyota en Baja California y una ampliación de la planta Ford en Sonora. En materia electrónica, Baja California se convirtió en la principal productora de televisiones, y en materia de autopartes se formaron agrupamientos industriales en Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. En la región el PIB manufacturero significó el 24 por ciento del PIB total.

[5] Es un político mexicano, miembro del Partido Revolucionario Institucional, fue Gobernador de Morelos durante el período de 1994 a 1998. Asimismo, fue presidente de la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo Económico de las Franjas Fronterizas, Zonas y Perímetros Libres.

La región que incluye al DF y su área de influencia, redujo su nivel de industrialización derivado de la relocalización industrial, sin embargo, mantuvo una actividad manufacturera importante. En Puebla, la Volkswagen mantuvo el interés por ampliar sus capacidades productivas, atrayendo a proveedores de primer y segundo nivel y ampliando su influencia hacia la región de Tlaxcala. De igual forma, Morelos mantuvo la manufactura de automóviles Nissan y amplió su red de proveedores, mientras que el estado de México logró preservar la planta de General Motors, en donde se estableció un centro de diseño. Con estos elementos, la región logró mantener a la industria manufacturera como parte importante de su quehacer, significando el 19 por ciento del Producto Interno Bruto.

El resto del país tuvo una especialización diferente, los estados productores de materias primas –Sinaloa, Durango, Zacatecas, Nayarit, Colima y Michoacán– no lograron elevar en forma importante su industria de transformación, la que aporta sólo el 13 por ciento del PIB. De igual forma, los estados del sur (Guerrero, Oaxaca, Chiapas), los turísticos (Yucatán, Quintana Roo, y Baja California Sur) y los petroleros (Veracruz, Tabasco y Campeche) no lograron ingresar al núcleo de empresas relocalizadas, ni tampoco pudieron generar una política de promoción económica para desarrollar actividades manufactureras amplias en su territorio *(véase Mapa 1).*

Mapa 1. Aportación de las regiones al PIB Manufacturero (promedio 2003 a 2007)



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (Cuentas Nacionales)

4. Nuevos nichos de industrialización en México

La complejidad de los procesos de industrialización se refleja de una manera más clara en el hecho de que algunos sectores se debilitan o incluso desaparecen, a la vez que surgen nuevos sectores de actividad productiva, derivado de un capital humano cada vez más calificado para la innovación y de empresarios deseosos de tomar ventaja de las nuevas tecnologías imperantes en la economía global. Estos procesos suelen darse en los países industriales con alta innovación, lo que se puede medir con el número de patentes que dan la pauta de cuáles serán las nuevas áreas de desarrollo industrial. Sin embargo, en países de industrialización tardía con baja innovación local como México, los nuevos nichos surgen como producto de las políticas de promoción que incentivan a los empresarios trasnacionales a que se ubiquen en el país, con el fin de manufacturar a menores costos los nuevos productos, esto ha dado lugar al surgimiento de nuevos nichos de industrialización. En años recientes se han desarrollado algunas de estas nuevas áreas: (1) Aeronáutica; (2) Biotecnología; (3) Nanotecnología; y (4) Industria del Software. Dichas áreas destacan por su alto contenido de valor agregado y por su potencial de productividad, competitividad y crecimiento.

4.1 Industria aeronáutica

La producción de un avión requiere alrededor de 3 millones de piezas, la cadena de valor del avión, al igual que la de otros productos, ha sido afectada por los efectos de la globalización y el progreso tecnológico, de modo que actualmente en diferentes lugares del mundo se han instalado fábricas para producir las diferentes aeropartes que se requieren, se ensamblan en otras regiones y, finalmente se comercializan en locaciones distintas, es decir, se ha transitado a un modelo de producción horizontal, donde la subcontratación juega un papel importante. En el contexto internacional, varios países han desarrollado empresas propias que diseñan (ingeniería aeroespacial), producen, comercializan y reparan aviones, así se tiene a *Airbus, Boeing* y *Bombardier,* como las más grandes de la industria, y recientemente se han incorporado las experiencias de países emergentes como Brasil y China con *Embraer* y *Aviation Industry Corporation,* respectivamente.

Diagrama 1. Fases de la industria aeronáutica

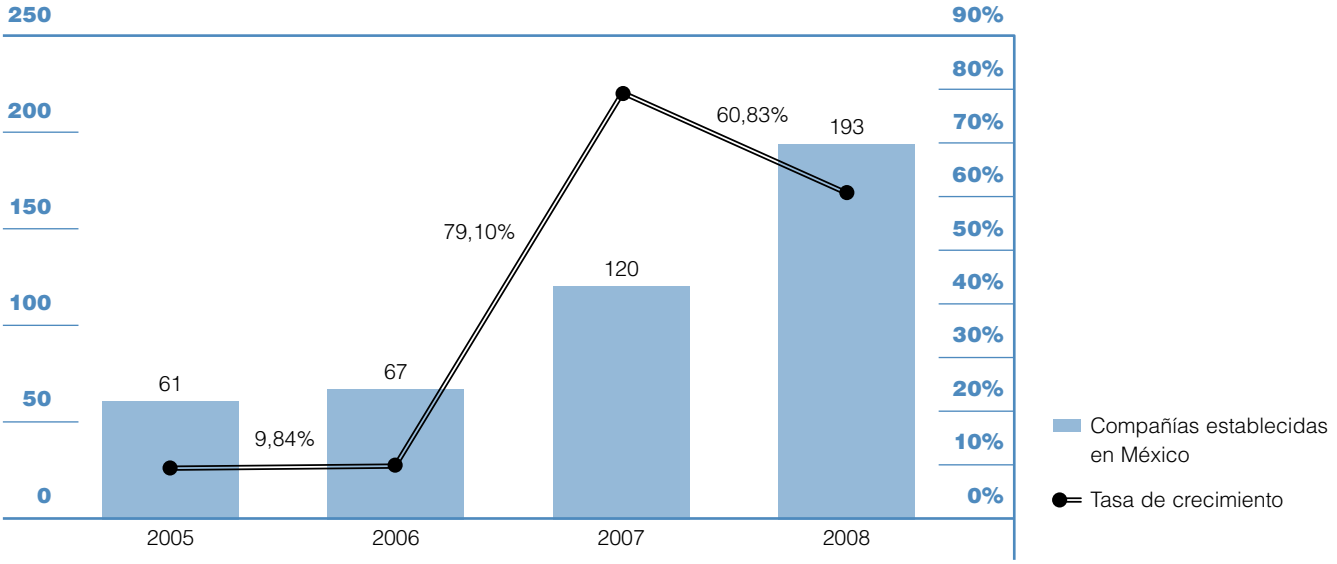
Manufactura	Ingeniería, diseño y educación	Mantenimiento y reparación
- Componentes - Cables y arneses - Componentes de sistemas de aprendizaje - Modelado e inyección de plástico - Maquinaria de precisión	- Sistemas de control - Instrumentación - Simulación de vuelo - Pruebas no destructivas - Diseño de equipamiento - Procesamiento de datos e imagen - 900 programas de posgrado relacionados con la ingeniería y la tecnología	- Turbinas y motores - Unidades auxiliares de poder - Fuselajes - Sistemas eléctrico-electrónicos - Sistemas de aterrizaje

Fuente: Elaboración propia

Las empresas de la industria aeroespacial se especializan en algún cuadro técnico, ya sea manufactura, ingeniería, diseño, educación, mantenimiento y reparación, aerolíneas o aeropuertos y servicios auxiliares. A nivel mundial, alrededor de 40 por ciento de las empresas de la industria aeroespacial se dedican al mantenimiento y reparación, 33 por ciento a la manufactura, 18 por ciento a la investigación y desarrollo, y el resto se involucra en procesos de ingeniería, diseño y educación. En México la tendencia que existe es distinta a la que impera a nivel mundial, ya que casi el 80 por ciento de las empresas se dedica a la manufactura, 10 por ciento al mantenimiento y reparación, y 10 por ciento a la ingeniería y diseño.

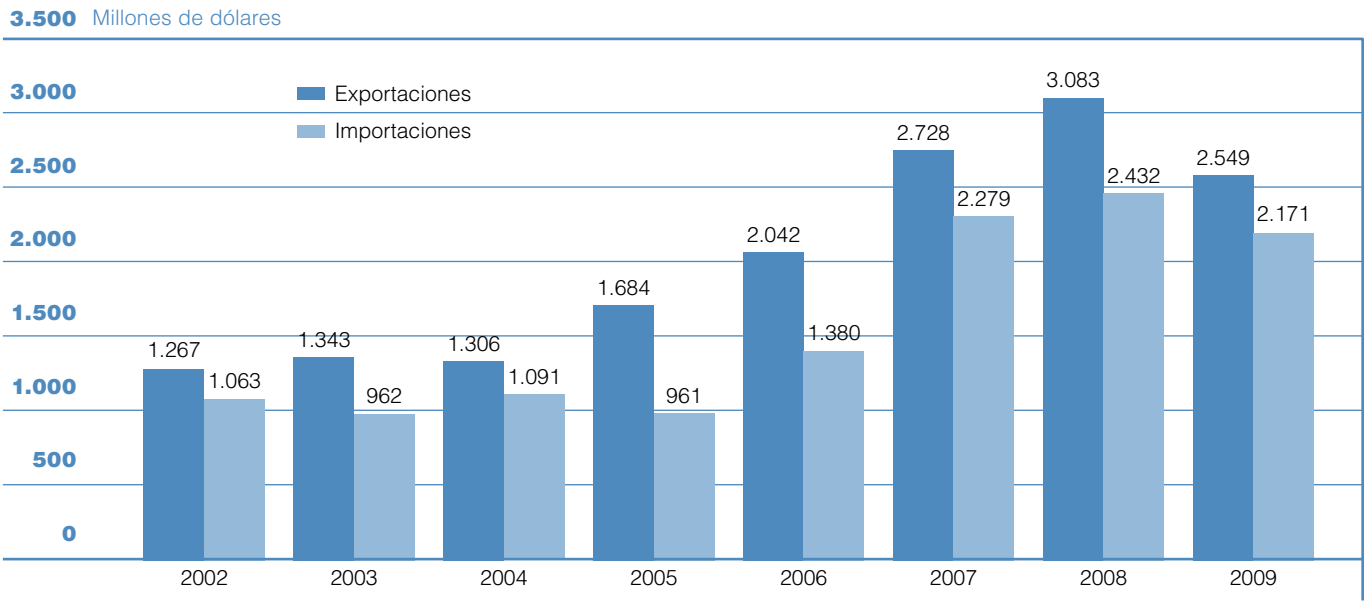
Las inversiones realizadas en estos rubros se han incrementado recientemente, desplazándose algunas de ellas a países emergentes con mejores ventajas comparativas, principalmente en términos de costos fijos y costos laborales, como es el caso de México y China, entre otros países; en el *Gráfico 4* se observa la tendencia de los últimos años en México.

Gráfico 4. Establecimiento de nuevas empresas de la industria aeronáutica en México



Fuente: Plan de Vuelo Nacional, Industria Aeroespacial Mexicana

Gráfico 5. México: Exportaciones e Importaciones de la industria aeronáutica



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Secretaría de Economía.

En México la industria aeronáutica se ha establecido en dos regiones: en el norte del país en los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, y en la región centro occidente, que incluye a las entidades de Querétaro, Aguascalientes, San Luis Potosí, DF y Estado de México. Las dos regiones han optado por una estrategia diferente, mientras que en el norte se producen aeropartes, en el centro del país se ha establecido la empresa canadiense *Bombardier,* con el objetivo de fabricar aviones de rango medio. De esta forma, México ha empezado a incursionar en la industria aeronáutica mundial, lo que se refleja en el rápido crecimiento de las exportaciones mexicanas de aeropartes. Actualmente, cerca de 200 empresas del sector aeroespacial con capital de origen nacional, extranjero (en su mayoría) y mixto se han instalado en territorio nacional para desarrollar sus productos, el éxito de estas empresas se puede observar analizando la balanza comercial de la industria, que de 2002 a 2009 tuvo una tasa de crecimiento promedio anual en las exportaciones de 10,51 por ciento, manteniendo un saldo comercial superavitario; sin embargo, se requiere fortalecer los encadenamientos productivos de la industria para poder aprovechar plenamente la potencialidad de este nuevo nicho. Asimismo, según la Secretaría de Economía, se prevé que para 2010 se presente una recuperación de la actividad económica de la industria aeronáutica, superando ligeramente los niveles de 2008.

El estudio *Competitive Alternatives 2010,* elaboró una comparación internacional entre los países más industrializados del mundo, entre los cuales se incluyó a México. En dicho estudio se evalúan los costos de emprender una nueva empresa en sectores de alta tecnología, como es el caso de la industria aeroespacial, el resultado favorece ampliamente a México, mostrándolo como la mejor opción para invertir en este sector, por tener el costo de operación más bajo.

México se ha propuesto producir aviones en el corto plazo, para impulsar este proceso se han creado instituciones y convenios que permitirán el desarrollo de las capacidades productivas necesarias: en 2007 se firmó un convenio con el cual Estados Unidos de América avala las certificaciones de las aeropartes producidas en México; adicionalmente, se creó la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA), la Universidad Nacional Aeroespacial de Querétaro (UNAQ), el Consejo Mexicano de Educación Aeroespacial (COMEA), apoyados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), ProMéxico, la Secretaría de Economía (SE) y la Dirección General de Aviación Civil (DGAC).

En México, las empresas dedicadas a la industria aeroespacial generaron alrededor de 10 mil empleos en 2006, hoy en día esta cifra se ha triplicado, ya que en 2009 los empleos generados fueron cerca de 30 mil, como se muestra en el *Cuadro 1.*

Estas empresas se encuentran ubicadas en los estados de la frontera con Estados Unidos de América (atraídos por la localización, como es el caso de *Airbus*), en el centro-norte (donde se han desarrollado capacidades productivas asociadas a la industria automotriz) y en el centro del país (donde se encuentra el capital humano más calificado), tal como se muestra en el *Mapa 2,* donde se observa cómo están distribuidas las empresas a lo largo del territorio nacional.

Como ya se señalaba, el 80 por ciento de las empresas instaladas en México se dedican a la manufactura, principalmente de cables y arneses, componentes de sistemas de aterrizaje, modelado e inyección de plástico, y maquinaria de precisión. El desarrollo natural de las capacidades productivas y de aprendizaje de

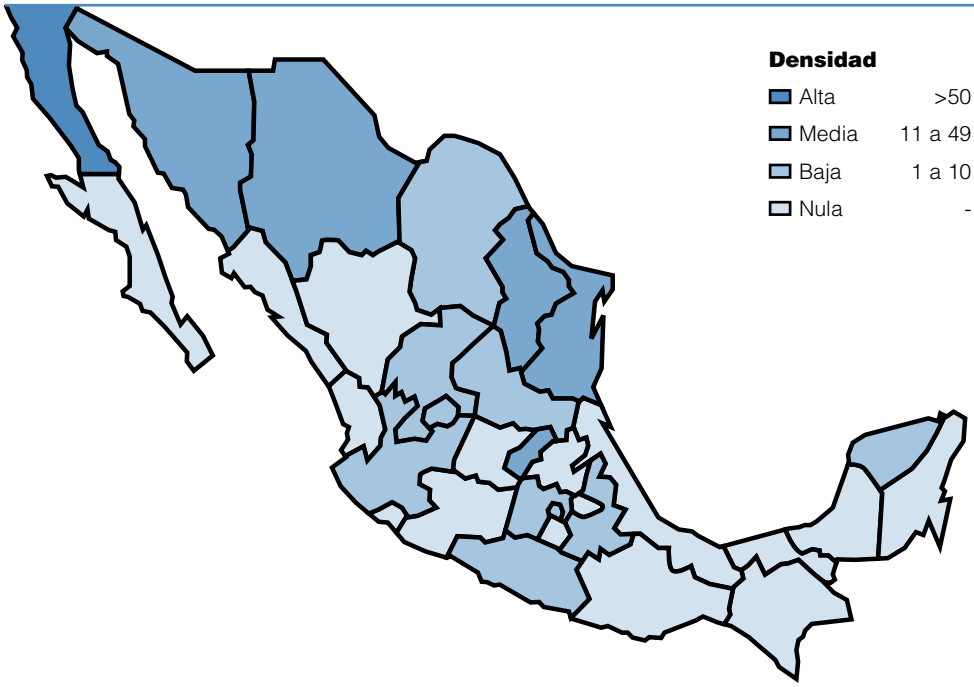
Cuadro 1. Indicadores del desempeño de la industria aeronáutica en México

Año	Total de Empresas	Especialización			Núm. de Empleos	Incidencia en Estados
		Manufact. (M)	Mantenim. y Reparac. (MRO)	Ingeniería y Diseño (I&D)		
2006	109	84	13	12	10.500	13
2007	150	115	20	15	20.000	14
2008	160	126	18	16	27.000	15
2009	194	154	21	19	30.000	16
2010*	200	158	22	20	32.500	16

Notas: *Cifras estimadas.

Fuente: DGIPAT-SE, con datos de Banxico proporcionados por la DGCE.

Mapa 2. Localización de empresas de la industria aeroespacial



Estados	Nº empresas
Baja California	51
Sonora	32
Chihuahua	25
Nuevo León	24
Querétaro	12
Tamaulipas	11
DF	7
Coahuila	6
SLP	6
Edo. de México	5
Jalisco	5
Puebla	3
Yucatán	3
Aguascalientes	2
Guerrero	1
Zacatecas	1
Total	**194**

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Federación Mexicana de la industria aeroespacial

estas empresas las llevará al ensamble de fuselajes, sistemas y subsistemas, para finalmente incursionar en la ingeniería y diseño. Por otra parte, 10 por ciento de las empresas se dedican a prestar servicios de ingeniería, educación, investigación y desarrollo, principalmente en las áreas de sistemas de control, instrumentación, simulación de vuelo, pruebas no destructivas, diseño de equipamiento y procesamiento de datos de imagen. Finalmente, 10 por ciento de las empresas se dedican al mantenimiento y reparación de turbinas, motores, unidades auxiliares de poder, fuselajes, sistemas eléctrico-electrónicos y sistemas de aterrizaje. A pesar de que las empresas son clasificadas de esta manera, regularmente realizan más de una de las actividades anteriores. Como se ha venido señalando, la industria aeronáutica se encuentra en proceso de desarrollo, los principales avances en la adopción, adaptación y generación de tecnología e innovación se han dado con mayor intensidad en la Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey, Querétaro y Tijuana.

Baja California ha desarrollado capacidades productivas relacionadas con el sector eléctrico-electrónico, por ello se ha convertido en un estado líder de la industria aeroespacial en México, actualmente desarrolla proyectos de diseño, soporte,

estructura, ingeniería, prototipos y pruebas. En este estado, la industria aeroespacial se concentra en las ciudades de Tijuana, Mexicali, Ensenada y Tecate. Las empresas instaladas en Tijuana son de inversión extranjera, principalmente de origen estadounidense; éstas se dedican principalmente a la fabricación y/o ensamble de aeronaves, motores de avión, unidades de propulsión, sistemas auxiliares, partes de avión e interiores, de igual manera, se dedican al desarrollo de prototipos.

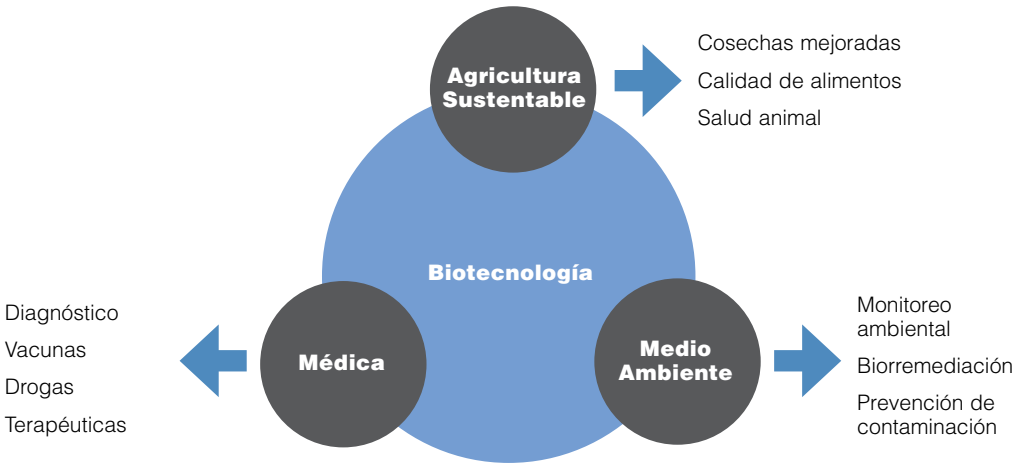
El sector público ha colaborado en el desarrollo de la industria aeroespacial a través de la Subsecretaría de Industria y Comercio de la Secretaría de Economía, proporcionando exenciones fiscales, y a través de programas como INNOVAPYME, PROINNOVA e INNOVATEC. Los Diez Lineamientos para la competitividad de la Secretaría de Economía, explícitamente en la política sectorial, se proponen el incremento de la producción de industrias con alto valor agregado, como es el caso de la industria aeroespacial. La academia, por su parte, ha concentrado sus esfuerzos en la difusión y promoción científica y tecnológica, desarrollando conocimiento y capacidades en el área de manufactura.

4.2 El sector de la biotecnología[6]

[6] Para el desarrollo de esta sección se realizaron entrevistas en el Instituto de Biotecnología de la UNAM, a los doctores Alejandra Bravo, Rafael Vázquez Duhalt, Leobardo Serrano y Mario Trejo, así como a investigadores de la Universidad Autónoma de Nuevo León y al doctor Mario Moisés Alvarez del Centro de Biotecnología del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.

La biotecnología entendida como la implementación de métodos científicos y de ingeniería para el estudio y mejora de organismos vivos y/o sus componentes, con la finalidad de utilizarlos como agentes biológicos aplicables a procesos productivos, ha sido una de las aplicaciones de la ciencia con mayor desarrollo en las últimas décadas. Los orígenes de la biotecnología se remontan a la necesidad de los individuos de domesticar y mejorar plantas y animales para su subsistencia, por lo cual ha estado desde un inicio relacionada con la industria alimenticia; sin embargo, el desarrollo tecnológico y los avances en el conocimiento en esta rama, han incentivado una interacción mayor con otras industrias y/o sectores como la farmacéutica, vestido, automotriz, etc., de hecho, su aplicación conjunta con la química, microbiología y nanotecnología ha potenciado sus alcances a ramas altamente especializadas como son la nanomedicina, nanobiotecnología, genómica, proteómica y postgenómica. Las aplicaciones más importantes de la biotecnología las podemos englobar en tres áreas, la agrícola tradicional, el medio ambiente y la médica; obsérvese *Diagrama 2.*

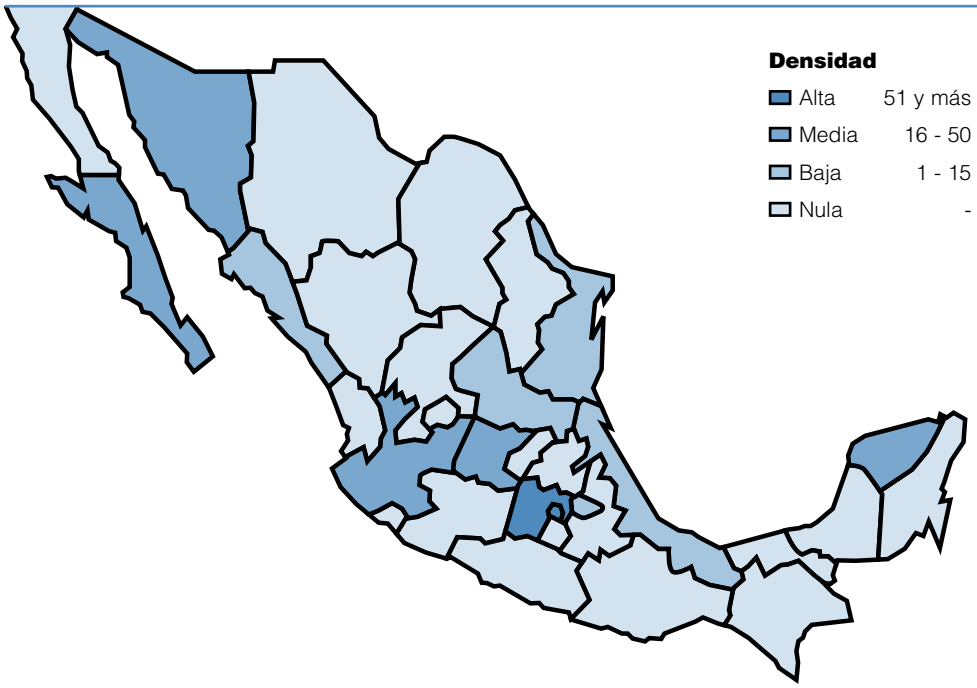
Diagrama 2. México: Aplicaciones potenciales de la biotecnología



Fuente: Elaboración propia con base en Galán, W. (2007)

Para el desarrollo de la biotecnología, México ha contado con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología que la ha catalogado como una industria de bienes de alto valor agregado con altos precios de mercado, salarios y productividad; lo que aunado a su gran potencial de aplicación la presenta como un nuevo nicho de industrialización en el país. De acuerdo a la clasificación de la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI), la biotecnología se ubica dentro del área tecnológica de la ciencia química, la cual para el período de 2002 a 2006 fue la segunda fuente generadora de solicitudes de patentes a nivel mundial con el 23

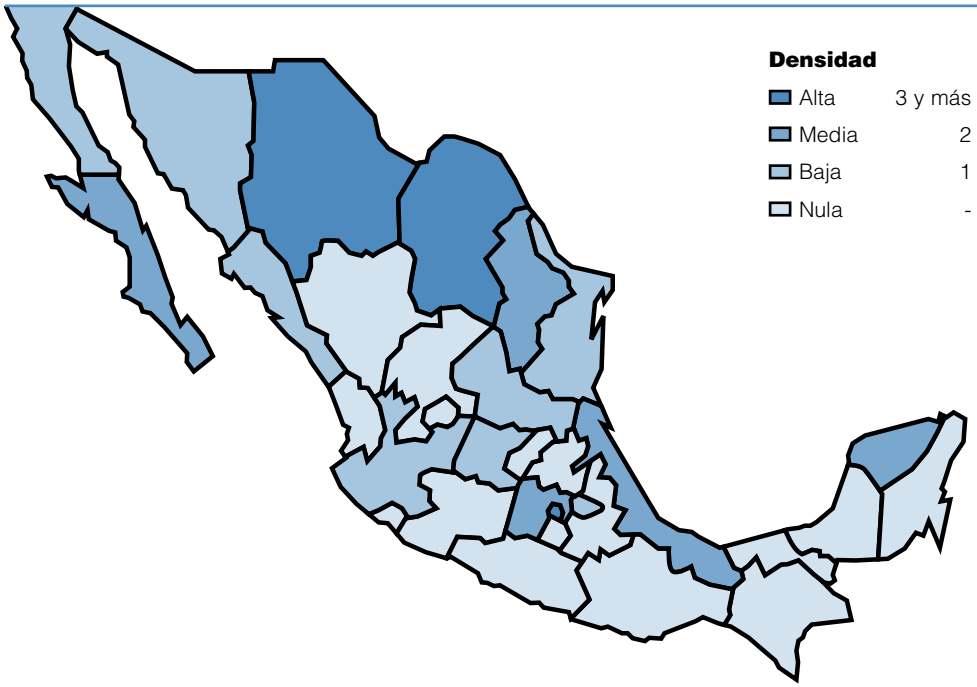
Mapa 3. Localización de proyectos en biotecnología



Estados	Proyectos
Distrito Federal	124
Estado de México	87
Yucatán	37
Baja California Sur	31
Sonora	23
Jalisco	20
Guanajuato	18
Baja California	15
San Luis Potosí	13
Tlaxcala	9
Veracruz	7
Tamaulipas	5
Sinaloa	3
Total	**392**

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Secretaría de Economía

Mapa 4. Localización de Institutos de investigación en biotecnología



Estados	Institutos
Distrito Federal	7
Chihuahua	3
Coahuila	3
Baja California Sur	2
Yucatán	2
Estado de México	2
Veracruz	2
Nuevo León	2
Jalisco	1
Tlaxcala	1
Baja California	1
Guanajuato	1
San Luis Potosí	1
Tamaulipas	1
Sonora	1
Sinaloa	1
Total	**31**

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Secretaría de Economía

por ciento del total. Los países han realizado esfuerzos encaminados a impulsar la innovación en biotecnología, lo cual se ve reflejado en el número de patentes solicitadas anualmente, que superó las 40 mil solicitudes para el período 2002-2006, de los primeros 10 países solicitantes de patentes en este campo a nivel mundial, 8 pertenecen a la OCDE, Estados Unidos de América es el país con el mayor número de solicitudes en promedio durante el período 2002-2006, con más de 22 mil y le sigue Japón con 6,6 mil solicitudes. En el caso de México, entre 2004 y 2006 se solicitaron 22 patentes de este campo, que de acuerdo a la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), representó en promedio 2,5 por ciento del total de sus solicitudes durante el mismo período. La OCDE realizó un índice de especialización en patentes de biotecnología[7], en donde México después de tener un valor de cero en el período 1994-1996, se ubicó en el lugar 30 de 37 economías consideradas para el período 2004-2006, con niveles similares a los de Corea y Alemania. Sin embargo, a pesar del mejor posicionamiento, es verdad que en cuanto a número absoluto de patentes se refiere, aún falta mucho por hacer, ya que el número es muy bajo en relación con otras economías comparables.[8]

[7] El nombre del indicador es: ventaja tecnológica revelada en la biotecnología, este indicador está calculado como la participación de la biotecnología en el total de patentes de cada país, en relación con la participación de la biotecnología en el total de patentes. Sólo se incluyen en el cuadro los países que contaron con más de 250 patentes durante los períodos considerados.

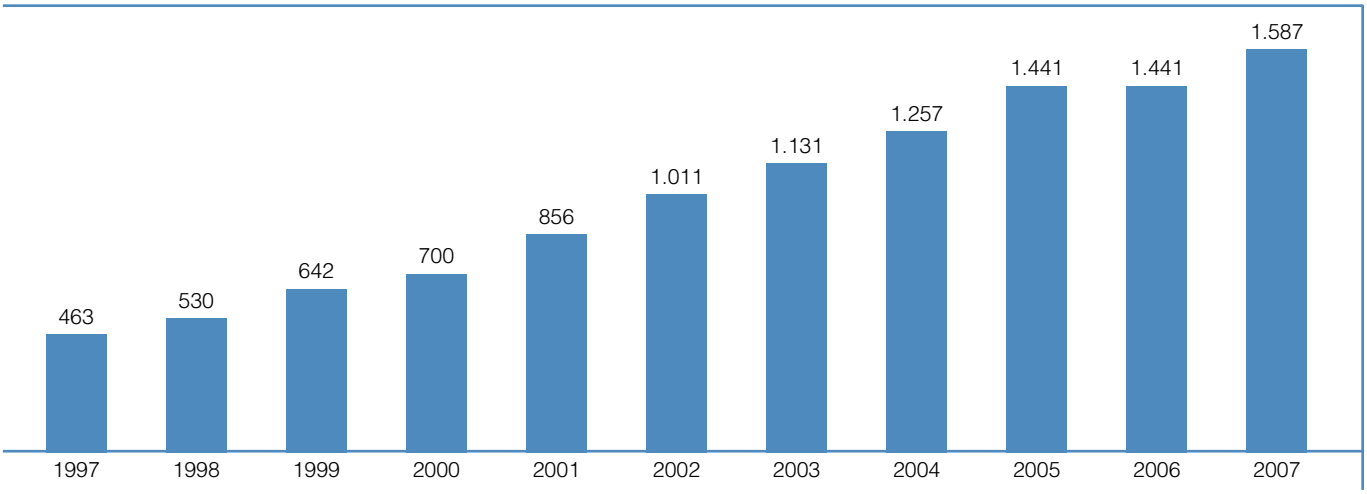
[8] En términos absolutos, Corea, España y México registraron un crecimiento en el número de patentes solicitadas, las cuales pasaron de 59, 61 y 10 en 2002 a 653, 312 y 22 en 2006, respectivamente.

Adicionalmente, se ha presentado una ampliación de las capacidades productivas, en 2009 existían en México 695 empresas en el área de biotecnología, ubicadas en diversos sectores, 500 en el sector de alimentos y bebidas, 150 en medio ambiente, 27 en el sector agrícola, 13 en el pecuario y 5 en el sector farmacéutico. El surgimiento de estas empresas ha ido moldeando una geografía de la biotecnología en el país, al inicio de la segunda década del siglo XXI se observa que la presencia de proyectos de investigación de la industria en materia de biotecnología se concentra en el Distrito Federal y en el Estado de México. Los estados de Chihuahua y Querétaro siguen a los primeros como las entidades donde hay de cinco a nueve empresas vinculadas con dicha ciencia. En términos generales, se puede decir que la mitad del territorio nacional está vinculado con este nuevo nicho de industrialización, lo que podría resultar en *clusters* con gran actividad y sobre todo en una reconfiguración de la actividad productiva en el país.

En el caso de instituciones y centros dedicados a la investigación en biotecnología los dos principales son la Universidad Nacional Autónoma de México y el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV), que se encuentran ubicados en el Distrito Federal, Morelos, Guanajuato y Yucatán. Recientemente, el Instituto de Estudios Superiores de Monterrey ha establecido en varias de sus sedes proyectos ligados a la biotecnología, sobre todo en el norte del país, lo que ha permitido ampliar territorialmente la investigación en biotecnología. Este desarrollo ha estado ligado al esfuerzo por capacitar profesionistas en la materia, en esta perspectiva el CONACYT, a través de su programa de apoyo a la investigación, ha apoyado el crecimiento de investigadores nacionales en la materia, en 1996 había 463 alcanzando 1.587 en 2007; es decir, el número de investigadores se triplicó en 10 años. Dada la ubicación de los centros de investigación, la cantidad de proyectos que cada uno de ellos emprende varía, entre otras cosas, por la existencia de empresas en las mismas entidades.

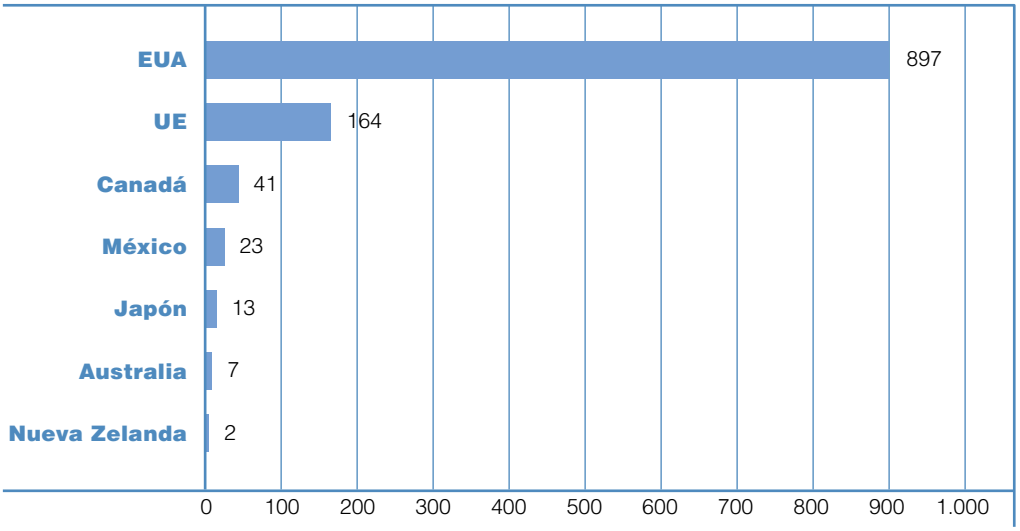
Una de las áreas más exitosas de aplicación de la biotecnología en México ha sido la agricultura. Según estadísticas de la OECD, han sido las investigaciones relacionadas al combate de plagas y al desarrollo de herbicidas, las que han tenido un mejor desempeño dentro del país. De 2006 a 2008, México quedó en la cuarta posición en lo que se refiere a pruebas de resistencia a plagas y a pruebas de tolerancia a herbicidas, incluso quedando por arriba de Japón y Australia.

Gráfico 7. Investigadores nacionales en el área de biotecnología



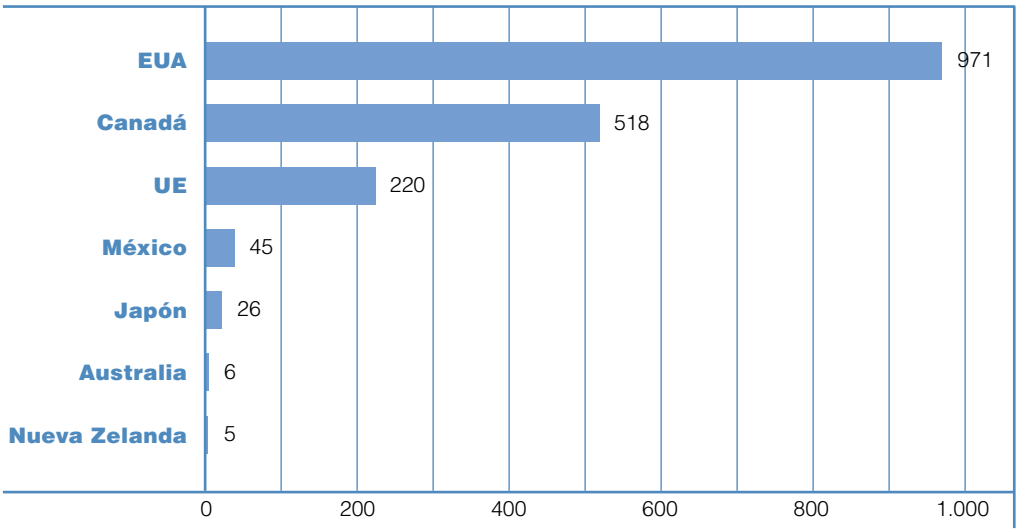
Fuente: Elaboración propia con datos del CONACYT

Gráfico 8. Pruebas de resistencia a plagas (2006 a 2008)



Fuente: OECD Biotechnology Statistics 2009, UNU-MERIT GM Field trials database, Maastricht, the Netherlands, Abril del 2009.

Gráfico 9. Pruebas de tolerancia a herbicidas (2006 a 2008)



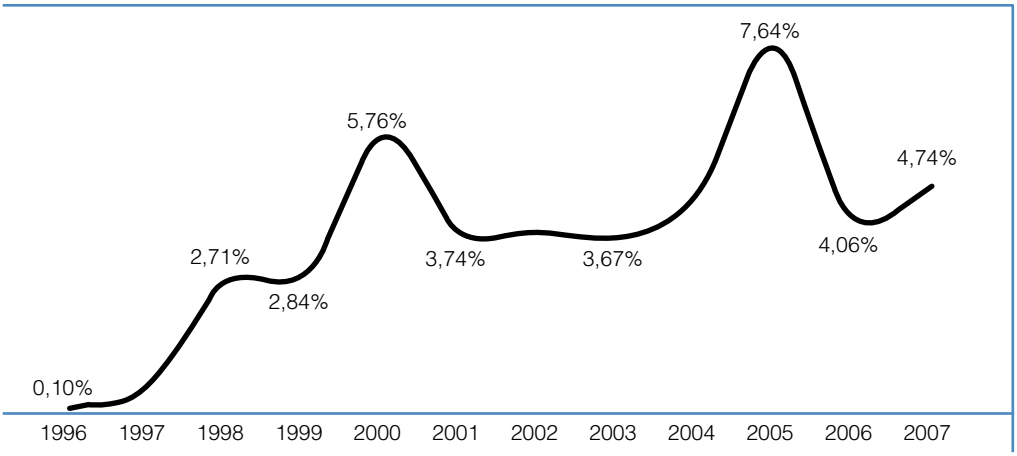
Fuente: OECD Biotechnology Statistics 2009, UNU-MERIT GM Field trials database, Maastricht, the Netherlands, Abril del 2009.

Asimismo, el país se sitúa a nivel mundial en el lugar 15 en lo que respecta a superficie destinada a la producción de cultivos biotecnológicos. En 2009 destinó 100 mil hectáreas para el cultivo de productos biotecnológicos, de las cuales 60 mil se utilizaron para el cultivo de algodón tipo BT[9], mientras las 40 mil restantes para el cultivo de soya.

[9] www.isaa.org.

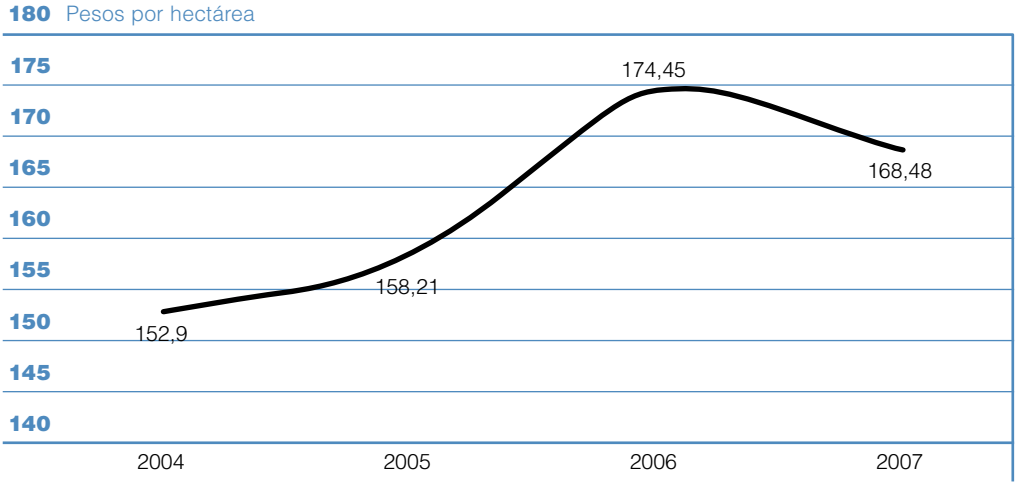
El cultivo de algodón modificado biológicamente en 2007 representó el 48 por ciento del total de las plantaciones de algodón en el país. El principal impacto de la utilización de la biotecnología ha sido la mejora de los rendimientos entre un 6 y 9 por ciento en los últimos seis años. En general, el incremento neto anual de la rentabilidad agrícola del algodón ha estado dentro del rango de $104/ha y $354/ha, mientras el beneficio acumulado desde 1996, ha sido de $76,2 millones de dólares. En términos de valor agregado, el efecto combinado de los aumentos de rendimiento y un menor costo de la producción en los ingresos agrícolas en 2007 fue equivalente a un aumento anual en la producción del 4,7 por ciento.

Gráfico 10. Incremento en la producción total de algodón en México como resultado del uso de la biotecnología



Fuente: GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2007, Graham Brookes & Peter Barfoot PG Economics Ltd, UK Dorchester, UK, May 2009

Gráfico 11. Beneficio extraído por la implementación de la biotecnología en el cultivo de soya



Fuente: GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2007, Graham Brookes & Peter Barfoot PG Economics Ltd, UK Dorchester, UK, May 2009

Por otro lado, en lo que respecta a la soya, los principales impactos del uso de biotecnología han sido una combinación del incremento del rendimiento (9,1 por ciento) y el ahorro de costos de herbicidas. El promedio de beneficio de la renta agraria del cultivo de la soya ha sido dentro de un rango de $ 153/ha-$174/ha.

Para el caso del cultivo de la soya el aumento acumulado de la renta agraria de 1996 a 2007 ha sido de 8,8 millones de dólares, en términos de valor agregado, el aumento de la renta agraria gracias a la utilización de la tecnología en 2007 fue equivalente a un aumento anual en la producción de alrededor de 2 por ciento, equivalente a 2.340 toneladas.

El uso de la biotecnología ha modificado sustancialmente los procesos de producción de ambos productos, generando ingresos extraordinarios. En términos generales, de 1996 a 2007 México ha obtenido ingresos por 85 millones de dólares derivados de la biotecnología aplicada a distintos cultivos, 8,8 millones provenientes de los cultivos de soya y los restantes 76,2 millones por la producción de algodón. Conviene señalar que el desarrollo de la biotecnología en el campo mexicano se ha visto mermado por la falta de acuerdos en la esfera política para aprobar abiertamente su uso, el debate se ha centrado en la ponderación de los beneficios y posibles perjuicios resultantes del uso de esta tecnología, sin embargo, claramente existe potencial en el uso de la biotecnología en la agricultura, y de llegar a un acuerdo, indudablemente el desempeño de la biotecnología sería mucho más dinámico, conllevando a mayores ingresos extraordinarios.

Los elementos anteriores muestran que la biotecnología en México ha ido avanzando paulatinamente y que se puede convertir en un área estratégica para el desarrollo agroindustrial del país.

4.3 La nanotecnología[10]

[10] Para el desarrollo de esta sección se realizaron entrevistas a investigadores del Centro de Investigación de Materiales Avanzados (CIMAV) del estado de Nuevo León.

En México el campo de la nanotecnología es una de las industrias emergentes más importantes, ya que, 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. Estas tecnologías pueden ofrecer algunos productos en el mercado que pueden solucionar problemas relacionados con la potabilización y dosificación del agua (a través de nanosensores), fertilizantes de las plantas, diagnósticos y prevención de enfermedades (a través de nanocápsulas), y creación de fármacos e implantes. Sin embargo, es 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.[11]

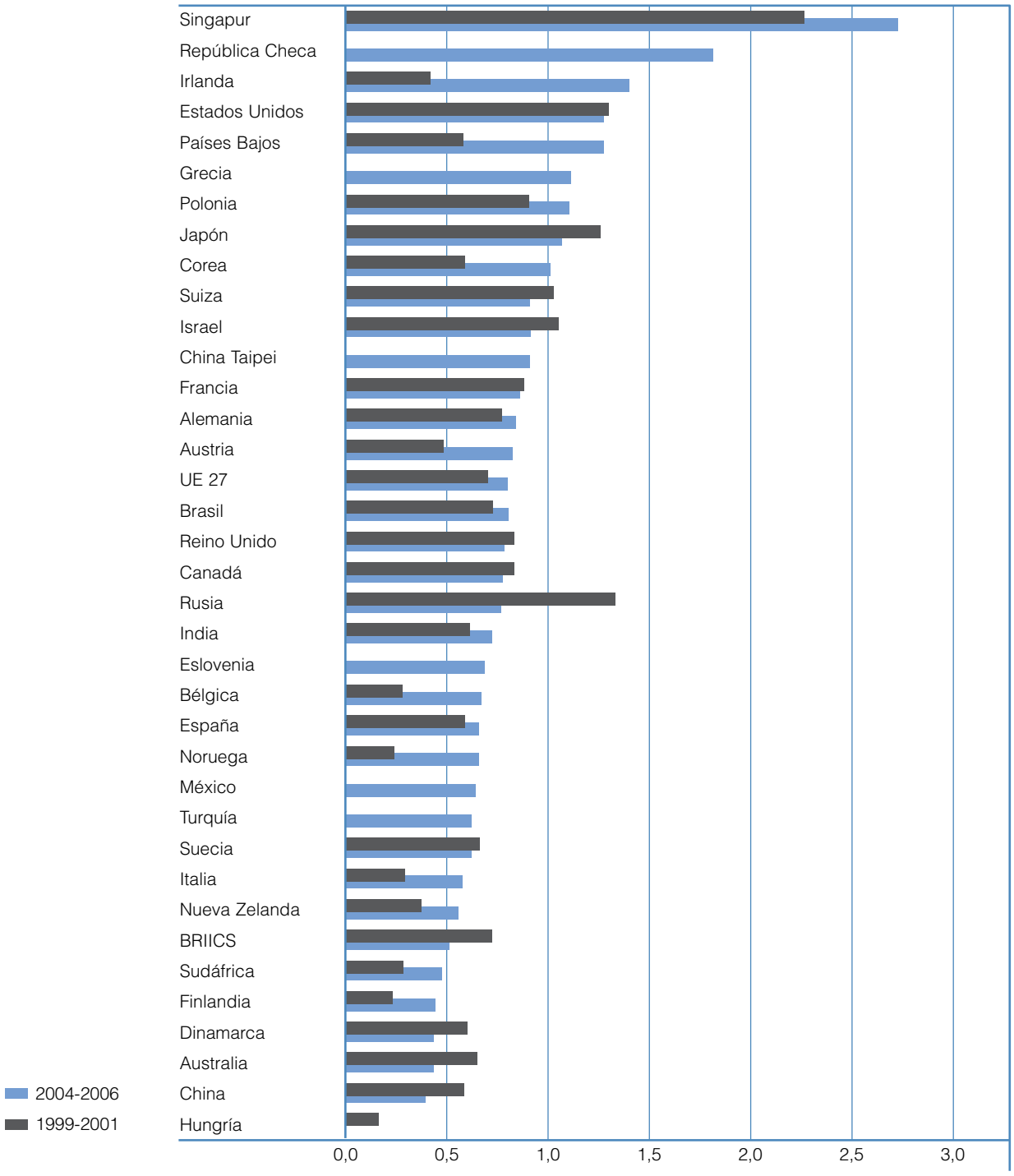
[11] Laguna Mauricio *México, dependiente de nanotecnología*, Revista Fortuna, Año V No. 56 Septiembre 2007.

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[12], 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.

[12] Solano Laura *México, con científicos de alto nivel en nanotecnología, pese a falta de impulso*, La Jornada, Jueves 18 de agosto de 2005.

Al tratarse de un nicho precompetitivo, donde gran parte de su actividad se encuentra enfocada a la investigación, algunos de los adelantos nanotecnológicos aún no forman parte de la vida cotidiana; no obstante, 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.

Gráfico 12. 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.

Otro campo en el que la nanotecnología ha mostrado grandes aportes ha sido la computación, como ejemplo, tenemos que en agosto de 2007 Estados Unidos de América 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), –cada nm es apenas la milésima parte de un milímetro–. 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. 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.[13] 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.

[13] Laguna Mauricio *México, dependiente de nanotecnología*, Revista Fortuna, Año V No. 56 Septiembre 2007.

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 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 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.

Según el Dr. Gian Carlo Delgado (2008), México ocupa el lugar 70 de 100, en cuanto a publicaciones de los centros de investigación de nanotecnología en el mundo. 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 la tarea realizada por 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 investigación de nanotubos en el mundo, de acuerdo al estudio publicado por Physical Status Solodi B.

Para mostrar la evolución favorable de la nanotecnología en México, se utilizó la ventaja tecnológica revelada en la nanotecnología[14], publicado 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 período 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.

[14] 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 períodos considerados.

En México, el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 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 período 1998-2004 el CONACYT apoyó con 14.4 millones de dólares a 152 proyectos que involucraban a 58 instituciones de investigación. 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 la apoyó con alrededor de 9 mil dólares.

Adicionalmente, 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 *cluster* 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.

Resulta conveniente tomar en consideración que no sólo se requiere invertir en la nanotecnología en general, es necesario hacer un estudio de la demanda del mercado, identificando así, las áreas específicas de la nanotecnología que tienen mayor potencialidad de crecimiento.

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. A nivel territorial conviene señalar 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 *Cluster de Nanotecnología*[15]. 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 Materiales Avanzados (CIMAV)[16], del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)[17] y del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)[18]. Estos apoyos, en conjunto con los de entidades privadas, han permitido el desarrollo del *cluster.*

El CIMAV ha fungido con un papel muy importante en el desarrollo del *Cluster de Nanotecnología* en Nuevo León. Los objetivos del CIMAV son encontrar aplicaciones de la nanotecnología y buscar a empresas que las utilicen. La sede central de este centro de investigación 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. El CIMAV Chihuahua, cuenta con el Laboratorio Nacional de Nanotecnología. Dentro de este centro existen tres áreas principales de atención: 1. desarrollo de energías alternas, 2. Laboratorio Nacional de Nanotecnología, 3. programas especiales de nanotecnología.

[15] Actualmente los miembros del *cluster* 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, Nemak, SIGMA Alimentos, UNIVEX Alpha, Viakable y VERZATEC.

[16] 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.

[17] 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, asi mismo ha exportado equipo y participado en la instalación de líneas automáticas en el extranjero.

[18] 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.

Por otra parte, el CIMAV Nuevo León cuenta con 11 investigadores del Sistema Nacional de Investigadores, tiene aproximadamente un año de operar gracias a 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 *Cluster 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 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:

1. Owens Corning México[19], enfocado al uso de la nanotecnología para el desarrollo de materiales aislantes de poliestireno para otorgar mayor resistencia al vidrio.
2. Grupo Simplex S.A. de C.V.[20], busca incrementar la vida de las cuchillas que se utilizan para el triturado de plástico mediante un recubrimiento nanoestructurado.
3. LAMOSA[21], 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. Durante todo el proceso del desarrollo tecnológico entre la empresa y el centro se usan los convenios de confidencialidad. Dichos convenios consideran la no divulgación o fuga de información, sin embargo, no se considera nada relacionado con los derechos.

Asimismo, el CIMAV cuenta con vínculos con el CIDESI el cual busca *expertise*, que le puede aportar el CIMAV. También 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[22], 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 *cluster* inauguró una incubadora, aprovechando a los estudiantes emprendedores de las distintas universidades, se está buscando la inversión para la creación de nuevas empresas para impulsar la comercialización de la tecnología.

Adicionalmente al *Cluster 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 *Mapa 5*.

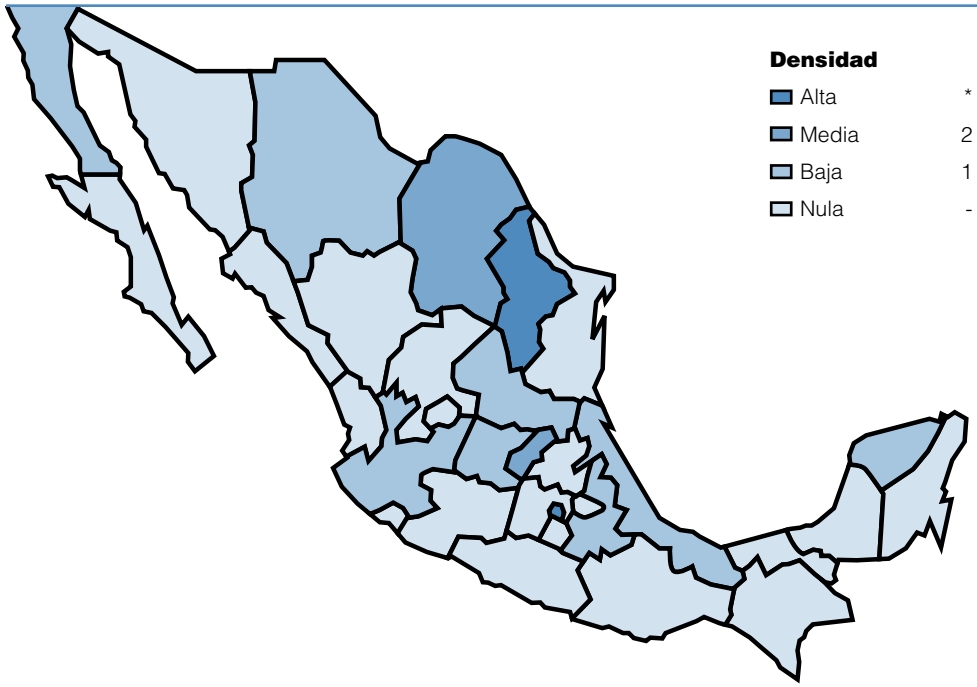
[19] Owens Corning México, nació con el nombre de Vitro Fibras S.A. fue producto de la unión en 1957 entre Owens Corning y Grupo Vitro –dedicados a la industria del vidrio–, como resultado de esta sociedad, la empresa estuvo soportada por la tecnología de punta de ambas empresas. Así, Owens Corning México, 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 sinding, Cultured Stone(tm). 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).

[20] 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.

[21] 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.

[22] 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.

Mapa 5. Nanotecnología en México



Estados	Entidades relacionadas con la nanotecnología
Distrito Federal	6
Coahuila	2
Querétaro	2
Baja California	1
Chihuahua	1
Nuevo León	1
San Luis Potosí	1
Jalisco	1
Guanajuato	1
Morelos	1
Puebla	1
Veracruz	1
Yucatán	1
Total	**20**

* Nuevo León donde se encuentra el *cluster* de nanotecnología es el único sobre el área en México, por ello se incluye en esta categoría, y el DF se incluye por ser la entidad con más institutos en el país.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Secretaría de Economía

Esta reseña muestra el esfuerzo que está realizando México por desarrollar la nanotecnología, a lo que habrá que agregar que éste 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 la Argentina.

4.4 La industria del software

En el caso de México, el uso de las tecnologías de la información (TI) se ha desarrollado con un importante dinamismo en las últimas cuatro décadas, por ejemplo, el crecimiento promedio anual de servicios de TI fue de 6,5 por ciento entre 2002 y 2006, mientras que el de la economía fue de 2,8 por ciento; la expectativa es que esta industria en 2013 tenga una participación del 2,3 por ciento en el total de la economía. En relación con el comercio exterior, tenemos que las exportaciones mexicanas de productos de software de 1996 a 2006 crecieron 541 por ciento, pasando de 36 a 230 millones de dólares, dicho crecimiento fue mayor al registrado en las importaciones de estos productos para el mismo período (112 por ciento). Esta dinámica comercial ha posicionado a México con un ritmo de crecimiento similar al coreano e incluso mayor al español.

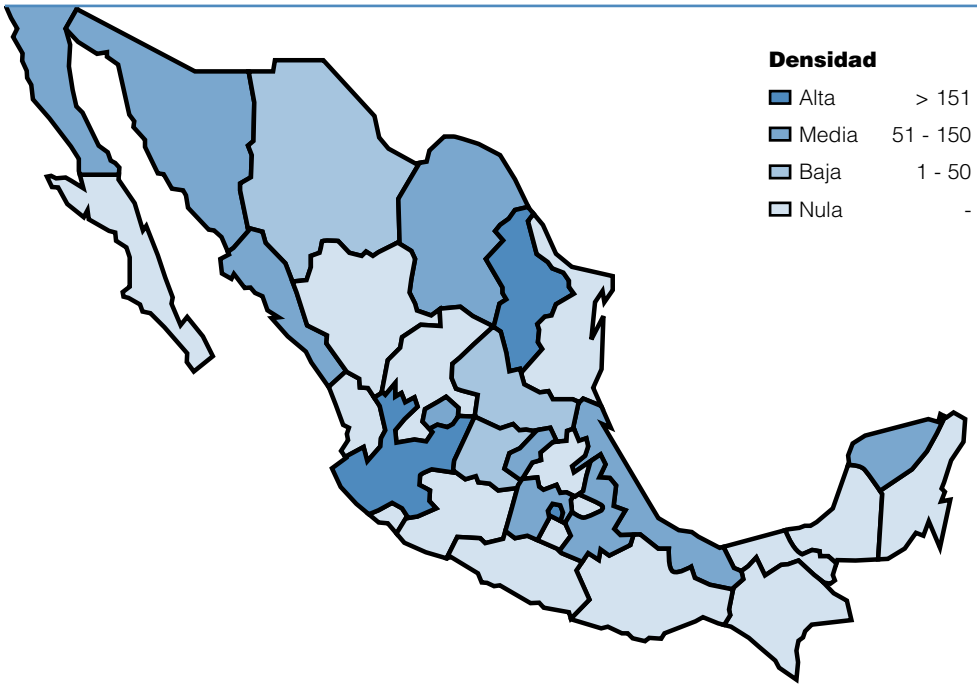
En el ámbito local, en México se han impulsado importantes polos de desarrollo de la industria del software, particularmente en el centro y norte del país, destacando las ciudades de Monterrey, Aguascalientes, Guadalajara, Tijuana y Culiacán, donde se han generado sinergias entre las empresas y se han extendido hacia las instituciones de educación superior, creando ambientes favorables para el crecimiento de la industria, el cual se ha potenciado con la dinámica del mercado en sus regiones de influencia y con las políticas públicas locales y nacionales que promueven su desarrollo.

Cuadro 2. Comercio de productos de software (millones de dólares)

	Exportaciones			Importaciones		
	1996	2006	Variación	1996	2006	Variación
Canadá	303	291	-4,1%	832	1.151	38,4%
Francia	428	819	91,3%	972	1.318	35,6%
Alemania	784	3.924	400,5%	1.226	2.218	81,0%
Japón	254	467	83,8%	560	636	13,7%
Corea	27	169	533,8%	438	582	32,8%
México	36	230	541,5%	180	383	112,5%
España	53	141	164,4%	267	755	183,0%
Reino Unido	1.019	1.968	93,1%	1.095	1.967	79,6%
Estados Unidos	3.087	3.307	7,1%	714	1.007	41,1%
OECD	11.360	18.851	65,95%	10.370	17.829	71,93%

Fuente: Elaboración propia con base en datos del *OECD Information Technology Outlook 2008.*

Mapa 6. Localización de empresas de la industria del software



Estados	Empresas
Distrito Federal	453
Nuevo León	284
Jalisco	178
Coahuila	114
Puebla	101
Baja California	100
Veracruz	94
Querétaro	92
México	80
Sinaloa	80
Sonora	62
Yucatán	62
Aguascalientes	50
Morelos	48
Guanajuato	46
Chihuahua	44
Tabasco	33
Michoacán	32
Zacatecas	22
Oaxaca	19
Tlaxcala	19
Quintana Roo	15
San Luis Potosí	15
Chiapas	13
Durango	12
Hidalgo	10
Baja California Sur	8
Guerrero	7
Campeche	5
Nayarit	1
Total	**2099**

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Sistema Nacional de Indicadores de la Industria de Tecnologías de Información (SNIITI), en pag web de PRO MÉXICO

Cuadro 3. México: Mercado TIC, (2000-2009)

Año	Valor de Mercado (millones de dólares)	Crecimiento
2000	2.783	N.D.
2001	2.935	5%
2002	3.175	8%
2003	3.395	7%
2004	3.783	11%
2005	4.242	12%
2006	4.997	18%
2007	5.816	16%
2008	5.380	5%
2009	4.939	11%*

Fuente: Select, datos colectados de diferentes años.

*2009 crecimiento en pesos, estimado.

El Sistema Nacional de Indicadores de la Industria de Tecnologías de Información (SNIITI) nos permite tener una aproximación de la distribución geográfica de las empresas (tal como se muestra en el *Mapa 6*). En el Distrito Federal se concentra la mayor parte de las empresas, alrededor del 21,6 por ciento, seguido por Nuevo León y Jalisco con 13,5 por ciento y 8,48 por ciento, respectivamente. Nuevo León es la entidad que en términos relativos, destina mayor presupuesto a impulsar proyectos de ciencia, tecnología e innovación en el país (alrededor del 0,52 por ciento de su presupuesto total), por lo que el sector de TI representa uno de los pilares para alcanzar esta meta. Por otro lado, Jalisco es una región que ha logrado evolucionar en el área tecnológica, actualmente es un referente nacional en temas de TI, particularmente de software y multimedia.

El desarrollo de la industria del software se ve reflejado en los siguientes elementos:

> De acuerdo al Índice de Competitividad de la Industria de TI en 2008, México se encontraba en la posición 44 de 66 países.

> Entre 2000 y 2009, el mercado de TI ha tenido un crecimiento acumulado de 77,4 por ciento, y un crecimiento promedio anual de 6,6 por ciento.

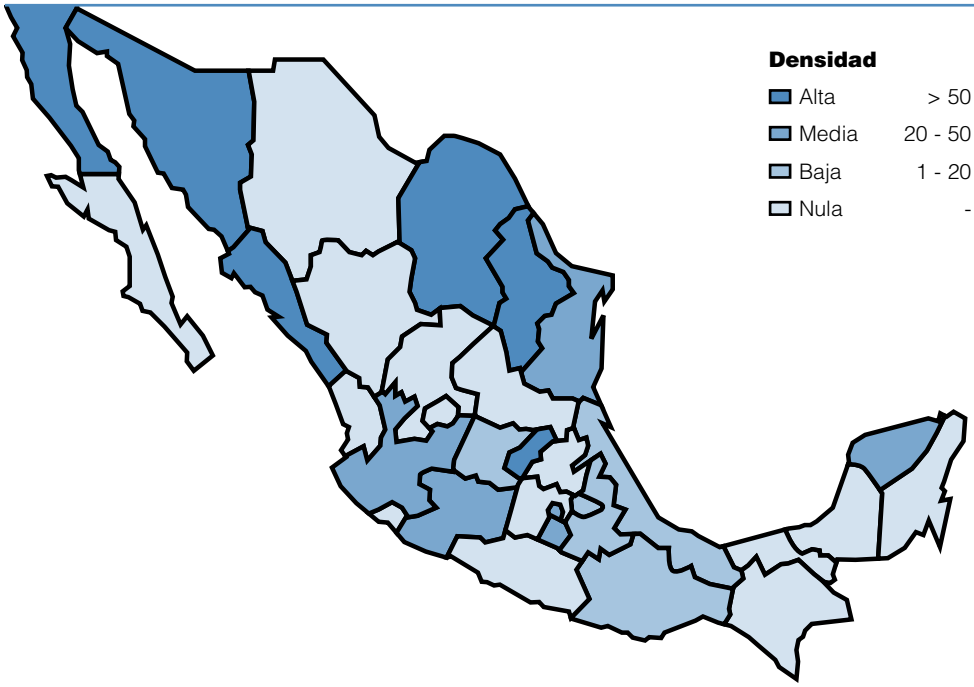
> Las ventas de las empresas se destinan básicamente al mercado interno, el 92,5 por ciento de sus ventas se realizan dentro del país y sólo el 7,47 por ciento se vende a otros países.

> En México se ha dado la iniciativa para la conformación de *clusters* de TI, como un mecanismo para potenciar procesos innovadores, aprovechando la cooperación entre empresas y las economías de escala. La Secretaría de Economía ha identificado veintitrés agrupamientos de TI, diez de ellos fueron creados por iniciativa empresarial, tres por iniciativa gubernamental y diez por impulso tanto del gobierno, como de las empresas. Estos agrupamientos están distribuidos en veinte estados de la República y el número de asociados oscila entre cuatro y ochenta empresas, universidades e instancias gubernamentales. Estas iniciativas de *cluster* agrupan un total de 707 empresas, de las cuales se estima que el 42,5 por ciento son microempresas, el 40,9 por ciento pequeñas empresas, el 8,2 por ciento medianas, y el 8,5 por ciento grandes. En el *Mapa 7* se puede observar la distribución geográfica de dichos *clusters*.

> Las empresas de software más grandes en México son Neoris, Softek e Hildebrando, que en 2007 facturaron cerca de 200, 140 y 109 millones de dólares, respectivamente.

Con el fin de apoyar a este sector emergente el gobierno federal creó en 2002 software como un sector prioritario para el crecimiento del país a partir de los ejes establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006. En este Programa se establecieron las estrategias que desarrollaría el gobierno federal para impulsar el sector y generar nuevos polos de desarrollo en el país aprovechando la coyuntura mundial que giraba en torno a las nuevas tecnologías. Esta política se vio fortalecida cuando en 2004 el Congreso de la Unión aprobó un fondo de aproximadamente 14 millones de dólares para apoyar proyectos de software. El PROSOFT está compuesto por siete estrategias: 1) mercado global, 2) capital humano, 3) certeza jurídica, 4) difusión de TI, 5) industria local y agrupamientos empresariales, 6) calidad y 7) fondeo; asimismo, se planteó la consecución de metas específicas a 2013:

Mapa 7. Distribución de empresas por *cluster* de TI en México



Estados	Empresas
Nuevo León	97
Sonora	80
Coahuila	73
Querétaro	68
Sinaloa	56
Baja California	53
Tamaulipas	42
Jalisco	38
Morelos	36
Distrito Federal	27
Aguascalientes	27
Michoacán	23
Yucatán	22
Veracruz	19
Colima	18
Puebla	8
Oaxaca	8
Guanajuato	8
Tlaxcala	4
Total	**707**

Fuente: Elaboración propia con base en la base de datos del Estudio de Competitividad de *clusters* de TI en México, Secretaría de Economía-UNAM

Cuadro 4.Fondo del Programa para el Desarrollo de la Industria del Software (PROSOFT)

Año	Proyectos		Empresas atendidas	Empleos mejorados	Monto de inversión (millones de pesos)		Potencia-ción	Cobertura por estados
	Aprobados	Presenta-dos			PROSOFT	Total		
2004	68	76	566	1.437	140	250	2	13
2005	181	189	1.060	3.701	193	754	4	20
2006	332	420	1.395	5.644	429	1.472	3	26
2007	487	603	1.002	9.170	438	1.700	4	27
2008	494	494	1.033	12.757	631	2.297	4	26
2009*	346	n.d.	n.d.	13.845	525	1.754	3	17

Fuente: CEC-ITAM, a partir de datos de la SE y Reportes de Evaluación Externa (UNAM, UAM), 2009.

* Los datos para 2009 se obtuvieron del 4o. Informe Trimestral de Programas Sujetos a Reglas de Operación de la Secretaría de Economía.

> Tener una producción de Software y Servicios de TI de 15 mil millones de dólares.
> Elevar el empleo en el sector de servicios de TI.
> Tener un gasto promedio en TI de 2,3 por ciento del PIB.
> Ser líder en la producción de Software y servicios de TI y BPO *(Business Processing Outsourcing)* en Estados Unidos de América, Latinoamérica y España.

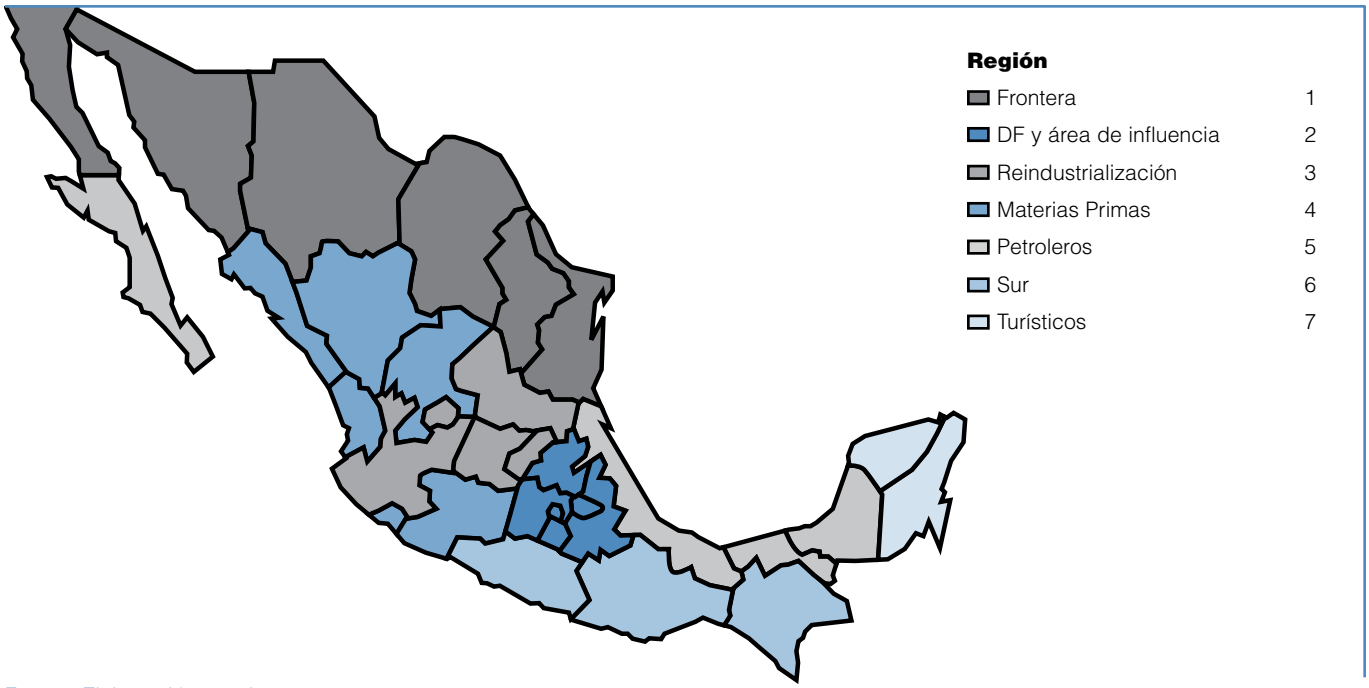
Los recursos brindados a través de este programa a la industria del software han estado basados en una fórmula de coparticipación, en donde el gobierno federal aporta recursos, y concurren los gobiernos locales, las empresas y la academia, los principales resultados a partir de su creación en 2004 se ven en el *Cuadro 4*.

Los estados con mejor ambiente para el desarrollo del software fueron los que inicialmente se incorporaron a la estrategia nacional, destacando Nuevo León y Jalisco, por lo que fueron las dos entidades que mayor apoyo recibieron. Otras entidades que aprovecharon la inducción de la política nacional fueron Aguascalientes, Yucatán, Baja California y Sinaloa, en donde se ha tenido un importante crecimiento en el número de empresas y en su nivel de ventas. Estas entidades, además de Tamaulipas y Querétaro son las que han tenido el mayor cambio positivo en su grado de especialización durante el período 1980-2003 en lo que respecta a informática (OCDE, 2009). La perspectiva de la industria del software es tal vez la más exitosa dentro de los nuevos nichos de industrialización.

5. Una visión hacia el futuro

México ha tenido un proceso de industrialización que le ha permitido incursionar progresivamente en nuevos nichos, de una estructura basada en alimentos y textiles en los sesenta, se avanzó a finales del siglo XX hacia una estructura fundamentada en productos metálicos, maquinaria y equipo en donde el sector automotriz, los electrodomésticos, y el sector electrónico se convirtieron en los sectores más dinámicos de la industria. A principios del siglo XXI la estructura se mantiene, pero lentamente han aparecido nuevos nichos que apuntan hacia el aprovechamiento de una estructura más compleja, en donde la calificación del capital humano y la consolidación de centros de investigación científica y tecnológica han abierto las puertas a industrias basadas en el conocimiento, como son la aeronáutica, la biotecnología, la nanotecnología, y la industria del software. Se trata de nuevas actividades económicas que han actuado en conjunto, como es el caso de la nanobiotecnología que ha servido para el desarrollo de la medicina, o el uso de la industria del software en todas las otras industrias estudiadas, para permitir la modernización de procesos productivos (como sería el caso de la industria aeronáutica) o para el desarrollo de investigaciones de alto nivel (como es el caso de la biotecnología y nanotecnología). De igual manera, la interrelación de los nuevos nichos se da a nivel territorial, de tal forma que sería de esperarse que el grado de profundidad industrial presente una nueva distribución geográfica en un futuro no muy lejano, donde los estados fronterizos presentarían el mayor grado a nivel nacional, desplazando a las entidades influenciadas por el DF, mientras que las entidades que pertenecen a los grupos de reindustrialización y materias primas se fortalecerían, aunque sin modificar su posición.

Mapa 8. Aportación de las regiones al PIB Manufacturero (prospectiva)



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, es conveniente considerar que la irrupción de estas nuevas actividades están aún en lo que se pudiera considerar una fase emergente, por lo que su consolidación requerirá de una creciente inversión, no sólo en las empresas que comercialicen los productos derivados de la investigación, sino también en capital humano y en investigación y desarrollo (I+D), ésta última en la actualidad es de tan sólo 0,4 por ciento como proporción del PIB, lo que es sumamente baja para un país del tamaño de México, si se compara con la inversión que realizan otros países de América Latina cuyo gasto es de alrededor de 1 por ciento. En este sentido, se requiere de una estrategia más compleja que la del pasado, ya que lo que se necesita para consolidar estas nuevas líneas de industrialización es fortalecer el complejo industrial con la trama institucional de la investigación y el desarrollo, sin este último este proceso carecerá de dinamismo. El reto requiere de una visión de largo plazo que permita planear las inversiones pertinentes para poder consolidar estos nuevos nichos de industrialización; lo anterior demanda de una política industrial que asuma la responsabilidad de conjugar los intereses empresariales con los de la investigación y el desarrollo, tal como lo han hecho los países asiáticos en las últimas décadas, especialmente China y Corea del Sur.

Anexo I. Mapa de la República Mexicana



Bibliografía

AeroStrategy Management Consulting (2009), *Aerospace globalization 2.0 The Next Stage An Aviation Industry Commentary,* September 2009.

Fernández de Lara Carlos (2008), *Nanotecnología mexicana, en pañales* en Excélsior, noviembre 6 de 2008.

Galán W.L.J. (2007), *Compañías de biotecnología públicas y privadas a nivel mundial,* Ediciones del Instituto de Biotecnología, UANL.

Galán José (2005), *Llaman a impulsar en México la micro y nanotecnología,* en La Jornada, Domingo 13 de febrero de 2005.

Graham Brookes & Peter Barfoot PG Economics Ltd (2009), *GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2007,* UK Dorchester, UK, mayo de 2009.

Grupo de trabajo de la industria aeroespacial mexicana (2009), *Plan de Vuelo Nacional: Mapa de ruta tecnológico de la industria aeroespacial mexicana,* Versión Preliminar.

Jorge Milton (2009), *Nanotecnología; un nuevo futuro para los investigadores y una mina de oro para los inversionistas y empresarios mexicanos,* Revista Mundo Nano, vol. 1, num. 2, enero-junio, 2009.

Laguna Mauricio (2007) *México, dependiente de nanotecnología* en Fortuna, Año V, No. 56, septiembre de 2007.

MMK Consulting (2008), *Competitive Alternatives - KPMG's Guide to International Business Location,* marzo de 2008.

Pedreño Muñoz Andrés (2009), *Crisis económica, conocimiento y políticas para el desarrollo de la nanotecnología,* Revista Mundo Nano, vol. 1, num. 2, enero-junio, 2009.

Roco M. C. (2006), *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.

Secretaría de Economía (2008), *Diagnóstico y prospectivas de la nanotecnología en México,* febrero de 2008.

Solano Laura (2005), *México, con científicos de alto nivel en nanotecnología, pese a falta de impulso* en La Jornada, Jueves 18 de agosto de 2005.

Terrones Humberto (2007), *Nanociencia y Nanotecnología en México* en Gaceta Biomédicas del Instituto Potosino de Investigación en Ciencia y Tecnología, enero de 2007.

Van Beuzekom Brigitte y Arundel Anthony (2009), *Biotechnology Statistics 2009,* OCDE, París, enero de 2009.

WIPO (2009), *World Intellectual Property Indicators,* Ginebra, Suiza, 2009.