

CAPÍTULO QUINTO  
EL IMPACTO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
EN EL DESARROLLO DE MÉXICO

David ROMO MURILLO

|  |     |
|--|-----|
| I. Introducción. . . . .   | 245 |
| II. El papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo económico y social . . . . .     | 247 |
| III. Impacto del entorno institucional: el sistema nacional de innovación mexicano . . . . . | 254 |
| IV. Los elementos regulatorios, financieros y culturales del entorno. . . . .                | 262 |
| 1. Entorno regulatorio . . . . .   | 262 |
| 2. Entorno financiero . . . . .  | 270 |
| 3. Entorno cultural . . . . .  | 272 |
| V. Tecnología y competitividad . . . . .   | 275 |
| VI. Dinamizar el sistema mexicano de innovación . . . . .                                    | 284 |
| VII. Conclusiones . . . . .  | 291 |

## CAPÍTULO QUINTO

# EL IMPACTO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN EL DESARROLLO DE MÉXICO

David ROMO MURILLO

### I. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este documento es explorar en que medida el diseño institucional del sistema de ciencia y tecnología, así como la inversión que en la materia realiza el gobierno y las empresas impactan el desarrollo económico y social en México. Debemos enfatizar que esta discusión es de carácter no-técnico con el fin de hacerla accesible a una mayor audiencia y que, dada la magnitud de esta tarea, el material contenido aquí debe considerarse sólo como un primer acercamiento al tema.

A manera de introducción, en el siguiente capítulo discutimos, además de algunos conceptos básicos, el papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de un país, así como los instrumentos de política de que dispone el gobierno para alentar el desarrollo tecnológico. Tal como lo nota la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos,<sup>143</sup> las inversiones en tecnología e innovación (y en cada vez mayor grado, también la investigación científica) no son hechas por su propio beneficio, sino para que coadyuven a mejorar el desempeño económico y los niveles de vida de la población. De esta forma, un examen crucial para cualquier país sería ver cómo se ha reflejado el esfuerzo innovador del mismo frente a indicadores económicos y sociales como el PIB, el crecimiento de la productividad, las tasas de mortalidad producto de las principales enfermedades, etcétera. Como lo nota el citado reporte, el impacto de la innovación sobre éstas y otras

<sup>143</sup> OECD, *Innovation Policy and Performance: A Cross-Country Comparison*, Paris, Organization for Economic Cooperation and Development, 2005.

variables no dependerá sólo de la introducción de nuevos productos, procesos, servicios y sistemas, sino de su subsecuente difusión a toda la economía. Dicho proceso puede tomar años y dependerá de la eficiencia del entramado institucional existente. De aquí la importancia de considerar la estructura y funcionamiento del denominado sistema nacional de innovación mexicano, el cual es discutido en el apartado III.

Aun cuando el entorno institucional resulta de crucial importancia, éste es sólo uno de los elementos que definen el ambiente que determina el desarrollo científico y tecnológico de un país, así como la introducción y difusión de innovaciones en la economía. Otros elementos a considerar son los aspectos regulatorios, financieros y culturales, los cuales son discutidos brevemente en la cuarta sección. Al considerar los cuatro elementos fundamentales del entorno (institucional, regulatorio, financiero, y cultural) estaremos en mejores condiciones de explorar el impacto que tienen las actividades científicas y tecnológicas en el desarrollo del país. Todo esto en el entendido de que los países más innovadores y competitivos a nivel internacional son precisamente aquellos que cuentan con un entramado institucional articulado y eficiente, un marco regulatorio que alienta la innovación, un sistema financiero que facilita el financiamiento de proyectos de desarrollo tecnológico, y un entorno cultural que valora la ciencia y la tecnología como elementos clave de la competitividad y de los niveles de calidad de vida de la población.

Como es de esperarse, los impactos de la ciencia y la tecnología en la economía y la sociedad de un país son de una variedad tal que resulta imposible tratarlos todos en este espacio limitado. Por esta razón, nos concentraremos en sus efectos sobre la competitividad de las empresas, por ser éstas, a través de la generación de valor agregado y empleos, los motores del crecimiento económico del país. En el V apartado se discute con más detalle el nexo tecnología-competitividad, examinando alguna de la evidencia empírica disponible para las empresas mexicanas con el fin de explorar la contribución de la inversión en investigación y desarrollo tecnológico a la competitividad de las mismas. El VI apartado discute la importancia de dinamizar el sistema mexicano de innovación y, para concluir, en el último apartado se ofrecen algunos comentarios finales con base en el diagnóstico realizado a lo largo del documento.

## II. EL PAPEL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Nuestra intención en esta apartado es discutir brevemente el papel que la ciencia y la tecnología juegan en el desarrollo, así como la necesidad de contar con una política explícita en la materia. Antes, sin embargo, resulta conveniente clarificar algunos conceptos básicos. Esto es fundamental ya que en la práctica, conceptos como ciencia y tecnología, o invención e innovación son utilizados como sinónimos siendo que representan diferencias cruciales para empresarios, académicos y tomadores de decisiones gubernamentales.

En un sentido amplio, podemos afirmar que *ciencia* se refiere a la búsqueda de conocimiento basada en hechos observables en un proceso que comienza desde condiciones iniciales conocidas y que tiene resultados finales desconocidos. Por otro lado, el concepto de *tecnología* se refiere a la aplicación de nuevo conocimiento obtenido a través de la ciencia para la solución de un problema práctico. De esta forma, el cambio tecnológico se refiere al proceso por medio del cual el nuevo conocimiento es difundido y aplicado en la economía.<sup>144</sup> Puesto de otra forma, el objetivo de los científicos consiste en la creación de nueva información para su posterior difusión de manera libre y amplia a través de medios especializados. El objetivo de los tecnólogos, por otro lado, consiste en solucionar un problema o satisfacer una necesidad práctica a través de la introducción de un producto en el mercado que genere ganancias. El cuadro 21 presenta un contraste entre ambas comunidades de acuerdo a varios parámetros de comparación.

Cuadro 21

DIFERENCIAS ENTRE LAS COMUNIDADES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

|                     | <i>Comunidad científica</i>   | <i>Comunidad tecnológica</i>        |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Buscan avanzar:     | Conocimiento                  | Utilidad                            |
| Objetivo específico | Encontrar relaciones causales | Mejorar las funciones de artefactos |

<sup>144</sup> Feldman, Maryann P. *et al.*, *The Economics of Science and Technology: An Overview of Initiatives to Foster Innovation, Entrepreneurship, and Economic Growth*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 2002.

*Continuación*

|                             | <i>Comunidad científica</i>                  | <i>Comunidad tecnológica</i>           |
|-----------------------------|--|--|
| Método                      | Experimentación                              | Pruebas                                |
| Forma de conocimiento       | Explícita, universal                         | Tácita, local, rutinas, procedimientos |
| Comunicación                | Abierta                                      | Secreta                                |
| Recompensas                 | Reputación                                   | Ganancias monetarias                   |
| Naturaleza de la evaluación | Replicabilidad, revisión de pares            | Selección por el mercado               |
| Función complementaria      | Formación de recursos humanos, publicaciones | Producción, mercadeo                   |

*Fuente:* OECD, *Understanding Economic Growth*, París, Organization for Economic Cooperation and Development, 2004.

Los conceptos de invención e innovación están entonces íntimamente relacionados con los de ciencia y tecnología. *Invención* se refiere a la creación de algo (un producto o un proceso) nuevo, mientras que *innovación* se refiere a la aplicación práctica y difusión en el mercado de una invención. Las innovaciones pueden comprender nuevos productos, nuevos procesos, o nuevas formas de organizar la actividad productiva, los cuales, además de ser novedosos, agregan valor a la actividad económica. De esta forma, tal como lo afirman Feldman,<sup>145</sup> podemos afirmar que el concepto de invención es un paralelo del concepto de ciencia, mientras que el concepto de innovación es un paralelo del concepto de tecnología.<sup>146</sup>

<sup>145</sup> *Idem.*

<sup>146</sup> Otro concepto que vale la pena clarificar es el de investigación y desarrollo (IyD). Éste se refiere a la realización de tres categorías de actividades relacionadas. La primera se refiere a la *investigación básica*, la cual incluye aquellos estudios cuyos resultados no se ven necesariamente reflejados en aplicaciones específicas, pero que tienen por objetivo mejorar nuestro conocimiento de un campo determinado. La segunda categoría se refiere a *investigación aplicada*, la cual cuenta con un importante componente ingenieril y tiene por objetivo derivar aplicaciones prácticas. Finalmente, el objetivo de las actividades de *desarrollo* es partir del prototipo de un producto hacia uno que sea de utilidad para los consumidores y que sea susceptible de ser producido en masa. Cabe hacer notar, sin embargo, que el modelo denominado “lineal” (investigación básica ? investigación aplicada ? desarrollo ? producción en masa) ha sido cuestionado por varios autores, entre ellos Stokes, Donald E., *Pasteur’s Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*, Washington, D.C., Brookings Institution Press, 1997. En lugar de ser lineal, afirman, el proceso innovador está caracterizado por complicadas retroalimentaciones, así

Debemos reconocer que los descubrimientos científicos y su subsecuente aplicación en la generación de tecnología afectan el desarrollo económico y social de un país a través de dos efectos fundamentales:

- 1) A través de la innovación en áreas como la agricultura, salud, información, transporte y energía, es posible contribuir a reducir los niveles de pobreza e incrementar las capacidades humanas de la población.
- 2) A través de un efecto indirecto, la ciencia y la tecnología también afectan positivamente el bienestar humano al estimular incrementos en la productividad y, con ella, el crecimiento económico y los niveles de ingresos.

Sin cambio tecnológico, la acumulación de capital no puede ser sostenida.<sup>147</sup> Los nuevos procesos permiten un incremento en la producción por unidad de insumo, mientras que los nuevos productos crean mercados y proporcionan mayores oportunidades para el crecimiento de la producción. Tal como lo han mostrado los modelos de crecimiento económico, un crecimiento económico sostenido sólo es posible con la presencia de progreso tecnológico; sin él, la acumulación de capital enfrenta retornos decrecientes.

Desde la aparición del artículo seminal de Robert Solow,<sup>148</sup> en el cual el economista ganador del Premio Nobel concluye que, entre 1909 y 1949, aproximadamente el 87% del crecimiento experimentado por los Estados Unidos no podía ser explicado sólo por el crecimiento del capital y de la mano de obra, otros economistas han asociado esta fracción del crecimiento no explicado al progreso tecnológico. En otras palabras, lo que han hecho es proponer que el cambio tecnológico, medido a través del crecimiento de la productividad total de los factores, está relacionado con el crecimiento en la inversión en investigación y desarrollo tecnológico.

Tal como lo nota la OCDE, los países que experimentaron aceleradas tasas de crecimiento en su productividad total de los factores entre las

como relaciones interactivas entre la ciencia, la tecnología, el proceso de aprendizaje, producción, políticas implementadas, y demanda.

<sup>147</sup> El papel que ha jugado la tecnología en el crecimiento económico de los países a través de la historia ha sido explorado con mayor detalle por varios autores. Véase, por ejemplo, Freeman y Soete Freeman, Chris y Soete, Luc), *The Economics of Industrial Innovation*, 3a. ed. Cambridge, The MIT Press, 1997.

<sup>148</sup> Solow, Robert, "Technological Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, vol. 39, núm. 3, 1957.

décadas de los ochenta y los noventa, también experimentaron tasas de crecimiento en el registro de patentes por arriba del promedio. Aun cuando las patentes no miden directamente la innovación, constituyen un indicador del desempeño tecnológico de un país. Este elevado nivel de patentamiento, así como una mayor proporción de bienes con alto contenido tecnológico en el comercio entre países miembros de la OCDE, sugieren que la innovación juega un rol fundamental en el crecimiento económico.<sup>149</sup> Otros estudios han tratado de evaluar los beneficios sociales de las actividades de investigación y desarrollo (IyD) y han mostrado, invariablemente, retornos positivos tanto privados como sociales de las inversiones en IyD.

Un elemento fundamental en el proceso del desarrollo de capacidades tecnológicas que contribuya a aumentar la productividad radica en el esfuerzo innovador de las empresas.<sup>150</sup> A este respecto, es necesario reconocer que el mercado de tecnología e innovaciones es muy propenso a experimentar fallas de mercado. Los motivos de estas fallas yacen en la naturaleza misma del conocimiento: es difícil de contener, las utilidades producto de la inversión en tecnología son inciertas, la coordinación de los agentes involucrados en proyectos importantes resulta costoso, y resulta difícil apropiar los beneficios de la difusión de las innovaciones. Dada esta incertidumbre y la falta de apropiabilidad de los beneficios, se reconoce que, bajo ciertas condiciones de mercado, la inversión en tecnología e innovación tiende a ubicarse por debajo de un nivel óptimo. Los retornos sociales de la tecnología tienden a ser más elevados que los retornos privados, lo que provoca que las empresas sub-inviertan en actividades de innovación tecnológica. Por estas razones, actualmente existe

149 OECD, *Understanding Economic Growth*, cit., nota 97.

150 Siguiendo la definición del *Manual Oslo* de la OECD (*Oslo Manual – Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data*, París, Organization for Economic Cooperation and Development, 1997), la innovación tecnológica de un producto consiste en la implementación/comercialización de un producto con características mejoradas de desempeño de tal forma que proporcione servicios nuevos o mejorados al cliente. Por otro lado, la innovación tecnológica de un proceso es la implementación/adopción de métodos de producción nuevos o significativamente mejorados, lo cual puede involucrar cambios en equipo, recursos humanos, métodos de trabajo, o una combinación de éstos. Además de la diferenciación entre innovaciones de producto y de proceso, podemos diferenciar entre el grado de novedad de la misma, distinguiendo entre máxima novedad (es decir, un producto o proceso nuevo para el mundo), novedad intermedia (un producto o proceso nuevo para el país o la región), o novedad mínima (un producto o proceso nuevo para la firma).

un consenso generalizado en el sentido que el gobierno debe jugar un papel activo en el apoyo de las actividades de innovación.

Si consideramos que la tecnología es el principal motor del crecimiento económico en el largo plazo, y que (en ausencia de la intervención estatal) las empresas invertirán por debajo del nivel óptimo en la realización de actividades tecnológicas, es posible deducir que el gobierno debe jugar un papel importante en la promoción de la innovación tecnológica en la economía. La mayoría de los instrumentos que constituyen la política científica y tecnológica tendrá como objetivo aliviar alguna de las fallas de mercado identificadas. Otros, sin embargo, tendrán como objetivo crear un ambiente propicio para la realización de las actividades científicas y tecnológicas. De esta forma, es necesario considerar también otras políticas e instrumentos que, sin bien no tienen como objetivo fundamental alentar el desempeño innovador de la empresa, si contribuyen a crear un ambiente sin el cual el desarrollo de actividades científicas y tecnológicas se tornaría difícil. El rango de acción de los instrumentos seleccionados debe entonces abarcar una o varias de las siguientes tres áreas:

- Establecimiento de un ambiente regulatorio propicio.
- Otorgamiento de estímulos a las empresas.
- Fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica.

Asimismo, los instrumentos pueden ser de dos clases: financieros y no-financieros. El primer tipo de instrumentos implica el otorgamiento de recursos monetarios públicos para su implementación a través de diversas modalidades (ya sea becas, créditos, subvenciones, estímulos fiscales, etcétera), mientras que en el segundo tipo éste no es el caso.

El primer aspecto indicado se refiere a la *creación y mantenimiento de un ambiente regulatorio* que aliente la inversión en actividades científicas y tecnológicas. Tal ambiente es creado mediante la adopción de medidas que fortalezcan la habilidad de las empresas para apropiarse los beneficios de las actividades de I+D y su capacidad para importar y asimilar tecnología extranjera. Entre estas medidas se encuentran la creación de un sistema de patentes y de respeto a la propiedad industrial, así como la implementación de políticas comerciales y hacia la inversión extranjera que disminuyan las barreras a la adquisición de tecnología. También se incluye la implementación de una política que aliente la competencia y evite prácticas monopólicas, así como instrumentos relacionados a la imposición de es-



tándares industriales. Por su naturaleza, todos los instrumentos y políticas clasificadas dentro de esta categoría son de tipo no-financiero.

El segundo aspecto se refiere al *otorgamiento de estímulos a las empresas* para que éstas no subviertan en el desarrollo de proyectos tecnológicos (tal como se discutió arriba) y se alcance un nivel de actividades innovadoras que maximice el bienestar de la sociedad en su conjunto. Aquí se incluye una variedad de instrumentos de ambos tipos. Los instrumentos financieros incluyen el otorgamiento de estímulos fiscales, financiamiento directo a través de subvenciones u otorgamiento de créditos en términos preferenciales, el establecimiento de fondos de garantía para facilitar el acceso al crédito bancario, o bien el apoyo a la creación de fuentes de capital de riesgo. Los instrumentos no-financieros pueden tener como finalidad eliminar asimetrías de información mediante el establecimiento de centros de información técnica que atienda las necesidades de la industria, estimular la creación de un cuerpo de consultores que tenga la capacidad de otorgar servicios de asesoría, o bien modificar el esquema de compras gubernamentales con el fin de alentar el desarrollo de una industria específica.

Por último, el *fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica* es de importancia fundamental ya que su fin es el de estimular la interacción entre los agentes e instituciones relevantes, mejorar los flujos de información para crear una estructura que favorezca la difusión de información y tecnologías, y mejorar la oferta de los insumos necesarios para la realización de proyectos de investigación y desarrollo (entre ellos, de recursos humanos). Entre los instrumentos financieros en esta categoría se encuentran el otorgamiento de estímulos para la capacitación de personal y para la realización de estudios de posgrado en áreas de interés. Asimismo, se incluye el apoyo al desarrollo de industrias específicas que, además de la importancia intrínseca que poseen, generarán efectos de derrama a otros sectores de la economía<sup>151</sup> o bien al desarrollo de regiones geográficas particulares. Los instrumentos no-financieros incluyen el fortalecimiento del sistema educativo con el fin de mejorar la oferta de recursos humanos capacitados, así como diversos programas que estimulen la interacción entre los centros públicos de investigación, las universidades y las empresas.

151 Los ejemplos clásicos de los países industrializados son la industria de la defensa y de la aeronáutica y el espacio.

No es nuestra intención discutir en detalle cada uno de los instrumentos que comprenden estas áreas para el caso de México. Simplemente buscamos clasificarlos dentro de esta taxonomía para determinar el grado en el cual las políticas mexicanas cubren las tres áreas fundamentales para el desarrollo de actividades científicas y tecnológicas. En la cuadro 22 presentamos esta clasificación para el caso de México.

**Cuadro 22**  
**INSTRUMENTOS DE LA POLÍTICA CIENTÍFICA**  
**Y TECNOLÓGICA IMPLEMENTADOS EN MÉXICO**

| <i>Área de acción</i>  | <i>Tipo de instrumentos</i>   |  |
|--|---|--|
|  | <i>Financieros</i>  | <i>No-financieros</i>  |
| <i>Creación de un ambiente regulatorio propicio para la innovación</i> |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Política de respeto a la propiedad intelectual a través del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI).</li> <li>• Política comercial liberal.</li> <li>• Política liberal hacia la inversión extranjera.</li> <li>• Política de competencia a través de la Comisión Federal de Competencia (CFC).</li> <li>• Imposición de estándares industriales, metrología, control de calidad y certificación.</li> </ul> |
| <i>Otorgamiento de estímulos a la empresa</i>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentivo fiscal.</li> <li>• Fondo Sectorial de la Secretaría de Economía.</li> <li>• Programa AVANCE:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fondo Emprendedores CONACYT-NAFIN.</li> <li>• Fondo de Garantías para el Fomento Tecnológico CONACYT-NAFIN.</li> </ul> </li> </ul> | Sistema Integrado de Información sobre Investigación Científica y Tecnológica (SIICYT):<br>Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT)   |
| <i>Fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica</i>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de Centros de Investigación CONACYT.</li> <li>• Fondos Sectoriales.</li> <li>• Fondos Mixtos.</li> <li>• Sistema Nacional de Investigadores.</li> <li>• Formación de Científicos y Tecnólogos.</li> </ul>  |  |

El cuadro muestra asimismo que, para el caso mexicano, las tres áreas de acción señaladas (ambiente regulatorio propicio, estímulos a las empresas y fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica) son cubiertas por varios instrumentos de naturaleza financiera y no-financiera.

Los beneficios generados por los instrumentos que constituyen las políticas científicas, tecnológicas, y de innovación, no pueden ser evaluados adecuadamente fuera del contexto específico del sistema nacional de innovación para el cual fueron diseñados. En la siguiente sección nos referimos a la estructura y articulación de este sistema para el caso mexicano.

### III. IMPACTO DEL ENTORNO INSTITUCIONAL: EL SISTEMA NACIONAL DE INNOVACIÓN MEXICANO

Con el fin de explorar la importancia y el impacto que presenta el entorno institucional en el ámbito de la ciencia y la tecnología, seguimos el concepto de sistema nacional de innovación, empleado por varios países y organismos internacionales. Para nuestros propósitos, podemos definir el sistema nacional de innovación como la red de actores e instituciones del sector público y privado cuyas actividades individuales y (en especial) mutua interacción contribuyen a la creación, importación, adaptación, modificación y difusión de nuevas tecnologías. La interacción entre las unidades del sistema puede ser de naturaleza técnica, comercial, legal, social y/o financiera de forma tal que el objetivo de la interacción es el desarrollo, protección, financiamiento o regulación de la generación de conocimiento.<sup>152</sup>

Resulta entonces necesario analizar el entorno institucional desde un *enfoque de sistemas*, lo cual tiene dos implicaciones inmediatas: *a)* el análisis, por detallado que sea éste, de un actor en forma aislada no contribuye a un mejor entendimiento del sistema nacional de innovación mexicano como un todo; y *b)* es necesario identificar las relaciones entre las partes del sistema, así como los flujos de conocimiento que tienen lugar entre ellas. Un análisis detallado del sistema nacional de innovación mexicano está más allá de los objetivos del presente capí-

<sup>152</sup> Al fomento de tales interacciones la OECD (*Dynamising National Innovation Systems*, París, Organization for Economic Cooperation and Development, 2002) le denomina *dinamizar* los sistemas nacionales de innovación.

tulo, pero varios autores ya han avanzado en dicha tarea, coincidiendo en la siguiente lista de deficiencias de lo caracterizan.<sup>153</sup>

- Los esfuerzos de los actores involucrados se encuentran aislados y no han articulado una verdadera red de apoyo al desarrollo tecnológico.
- Existen débiles eslabones y flujos de conocimiento.
- Falta de entendimiento de las necesidades del sector productivo.
- Escasa colaboración entre firmas, falta de cooperación inter-institucional.
- Estructura fragmentada.
- Aislamiento, falta de información y duplicidad de esfuerzos.

El diagnóstico del sistema realizado en la integración del Plan Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006<sup>154</sup> confirma estos resultados al concluir que éste no opera como sistema debido a la falta de la “institucionalización” de las relaciones y flujos de información entre los actores que lo componen. Cabe hacer notar, sin embargo, que si bien el sistema nacional de innovación en México no existe en el sentido estricto de la definición (debido sobre todo a la falta de lazos entre los actores e instituciones involucradas), el concepto resulta aun de utilidad para orientar el debate y para identificar los obstáculos para su desarrollo con el fin de implementar los instrumentos de política adecuados. Así, siguiendo con el marco conceptual del sistema nacional de innovación, definimos a continuación las instituciones y actores relevantes del mismo.

De acuerdo a Edquist y Jonson,<sup>155</sup> las funciones de las instituciones involucradas en el sistema son varias, entre ellas: *a)* reducir la incertidumbre al proporcionar información; *b)* alentar la cooperación y manejar

153 Véase, por ejemplo, Cimoli (*Developing Innovation Systems: Mexico in a Global Context*, Londres, Continuum, 2000), quien analiza diferentes aspectos del sistema de innovación mexicano. Las falencias que se mencionan, sin embargo, no son exclusivas del caso mexicano: Alcorta y Peres (“Innovation Systems and Technological Specialization in Latin America and the Caribbean”, *Research Policy*, vol. 26, pp. 857-881, 1998) caracterizan en los mismos términos a los sistemas nacionales de innovación de otros países latinoamericanos.

154 CONACYT, *Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006*, México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

155 Edquist, Charles y Johnson, Björn, “Institutions and Organizations in Systems of Innovation”, en Edquist, Charles (ed.), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, Londres, Pinter, 1997.

conflictos; *c)* proporcionar incentivos; y *d)* canalizar recursos hacia las actividades innovadoras. Casalet<sup>156</sup> propone la taxonomía que se muestra en la cuadro 23 de las instituciones mexicanas que apoyan la innovación, la cual comprende cuatro categorías:

- Instituciones que proporcionan incentivos financieros y fomentan el desarrollo productivo.
- Instituciones que proporcionan información y reducen la incertidumbre.
- Instituciones especializadas en sectores específicos.
- Sistema de centros de investigación CONACYT.

En el cuadro también se muestran algunas instituciones que cumplen estas funciones. Dentro de las cuatro categorías definidas, mención especial merecen las instituciones que proporcionan información y que están vinculadas con la generación de un entorno de confianza y certidumbre, denominadas “instituciones puente”. Como lo notan Capdevielle,<sup>157</sup> la principal función de estas instituciones es apoyar el desarrollo de un mercado de servicios para la conformación de las capacidades tecnológicas de las empresas, de forma que complementen los apoyos otorgados por las instituciones de fomento. De acuerdo a Casalet,<sup>158</sup> las instituciones puente incluyen: *a)* consultoras que brindan apoyo tecnológico especializado; *b)* empresas que proporcionan servicios de información tecnológica; *c)* empresas que proporcionan servicios de normalización y certificación; *d)* empresas que promueven una cultura de calidad; y *e)* empresas que proporcionan capacitación. Como debe resultar evidente, estas instituciones de apoyo a la innovación son componentes cruciales del sistema, pero son sólo un conjunto de actores dentro de la estructura del mismo. Además de estas instituciones, existen otros actores igualmente relevantes.

El sector empresarial constituye un actor crucial, ya que es precisamente a través de la empresa que las invenciones se traducirán en innovaciones que agreguen valor, generen empleos y mayores ganancias me-

156 Casalet, Mónica, “Redes de innovación en la construcción del mercado en México”, *Biblioteca de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa*, México, núm. 11, 1999.

157 Capdevielle, Mario *et al.*, *Sistema de innovación: el caso mexicano, Proyecto Interdivisional CEPAL/GTZ FRG/98/S24*, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2000.

158 Casalet, *op. cit.*, nota 156.

diante la introducción de productos y procesos nuevos al mercado. En este sector identificamos a las empresas así como a las cámaras y asociaciones industriales que las aglutinan.

Las universidades e instituciones de educación superior, además de capacitar a los recursos humanos que requiere el desarrollo del proceso innovador en la empresa, tienen el potencial de actuar como consultores y proveedores de servicios al sector productivo. Este lazo resulta fundamental para el funcionamiento del SNI de cualquier país, pero en el caso mexicano es precisamente uno de los más débiles. En este aspecto, resulta ilustrativo observar las relaciones de cooperación que existen entre las empresas y entre empresas e institutos de investigación o universidades para la introducción de productos y procesos nuevos al mercado. El gráfico 25 indica el origen de las innovaciones introducidas al mercado en producto y en proceso en base a los resultados de la Encuesta Nacional de Innovación (ENI) con datos del año 2000.

Cuadro 23  
INSTITUCIONES QUE APOYAN LA INNOVACIÓN EN MÉXICO

| <i>Función</i>   | <i>Área</i>   | <i>Instituciones</i>   |
|--|---|--|
| <i>Proporcionar incentivos</i>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyar los esfuerzos de innovación en las empresas a través de financiamiento</li> <li>• Alentar las exportaciones no-petroleras</li> <li>• Desarrollo de cadenas productivas</li> <li>• Protección de la propiedad intelectual de ideas y conocimiento</li> </ul> | CONACYT<br>Nacional Financiera (NAFIN)<br>Banco de Comercio Exterior (Bancomext)<br>Secretaría de Economía<br>Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI)   |
| <i>Proporcionar información y reducir la incertidumbre</i> | Estandarización<br>Certificación<br>Cultura de Calidad<br>Capacitación  | Instituto Mexicano de Normalización y Certificación (IMNC)<br>Corporativo Calidad Mexicana Certificada (CALMECAC)<br>Centro Nacional de Metrología (CENAM)<br>IMPI<br>Fundación Mexicana para la Calidad Total (FUNDAMECA)<br>INFOTEC<br>Red Cetro-Crece |

*Continuación*

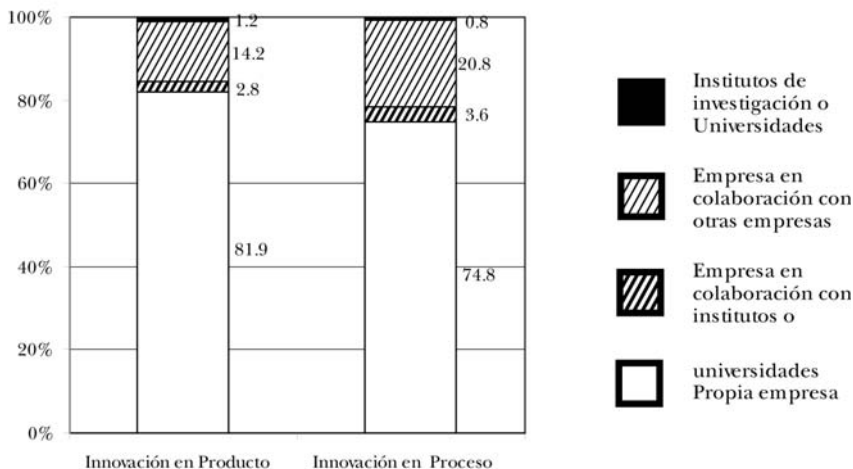
| <i>Función</i>  | <i>Área</i>  | <i>Instituciones</i>   |
|---|--|--|
| <i>Realización de IyD en sectores específicos</i>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instituciones que proporcionan apoyo tecnológico en sectores específicos (petróleo, electricidad, nuclear, hidráulico)</li> </ul> | Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)<br>Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)<br>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)<br>Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) |
| <i>Realización de IyD en ciencia básica y desarrollo tecnológico regional</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación de recursos humanos al nivel de posgrado</li> <li>• Servicios de consultoría</li> <li>• Investigación</li> </ul>     | Sistema de Centros de Investigación CONACYT  |

*Fuente:* Casalet, “The Institutional Matrix and its Main Functional Activities Supporting Innovation”, en Cimoli, M. (ed.), *Developing Innovation Systems: Mexico in a Global Context*, Londres, Continuum, 2000.

De la figura se observa que la gran mayoría de las innovaciones tiene su origen en la propia empresa, con un porcentaje mayor para las innovaciones en producto. A este rubro le sigue el desarrollo de las innovaciones a través de la colaboración con otras empresas. La colaboración con institutos de investigación, así como el desarrollo de innovaciones por parte de éstos no constituyen fuentes importantes de las innovaciones introducidas, lo cual pone en evidencia la falta de lazos entre el sector productivo y el sector académico y de investigación nacional.

Otro sector involucrado en la definición del sistema nacional de innovación es el sector público. Éste se encuentra constituido, además de la agencia rectora de la actividad científica y tecnológica del país (CONACYT), por otras Secretarías de Estado y organismos relevantes, el Congreso (a través de las Comisiones de Ciencia y Tecnología de las Cámaras de Diputados y de Senadores) que establece la legislación pertinente y aprueba recursos, y otros organismos relevantes a nivel estatal, tal como los consejos estatales de ciencia y tecnología con los que ya cuenta la mayoría de las entidades.

Gráfica 25  
ORIGEN DE LOS PRODUCTOS Y PROCESOS INNOVADOS



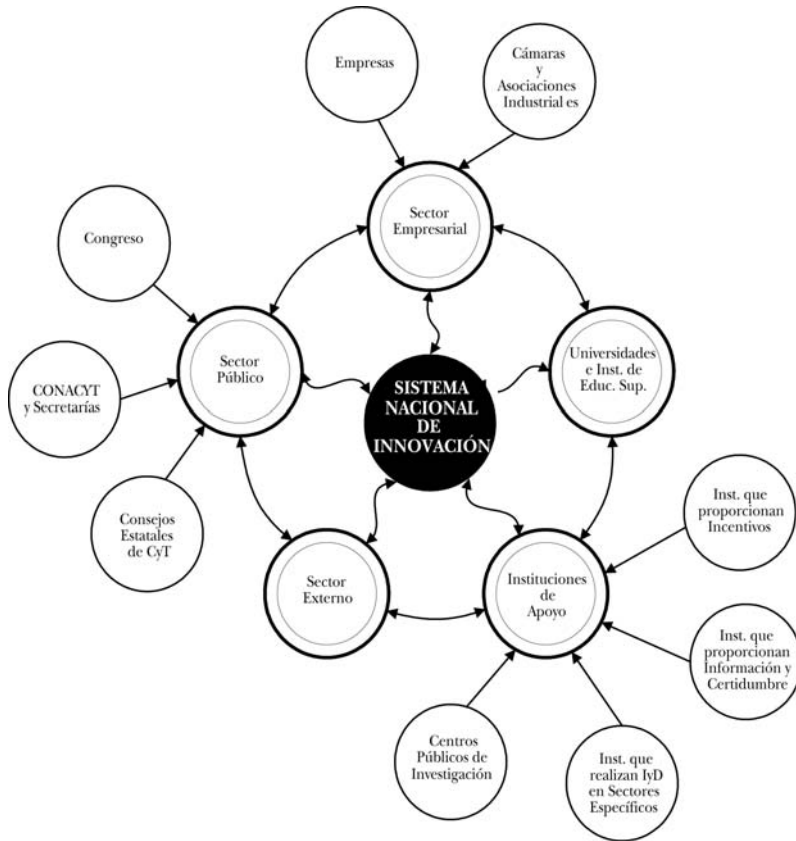
Fuente: elaboración propia en base a los resultados de la ENI.

Por último, cabe identificar un sector externo que incluye actores como universidades y centros de investigación del extranjero, organizaciones internacionales (por ejemplo: el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo, la OCDE, y agencias especializadas del sistema de Naciones Unidas como la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial —ONUDI o la Comisión Económica para América Latina y el Caribe— CEPAL), organizaciones no-gubernamentales (ONGs) y fundaciones. Este sector resulta de importancia ya que constituye un canal para recibir financiamiento, transferir tecnología, o bien aprender otras prácticas internacionales que puedan aportar un beneficio a la situación mexicana.

De esta forma, la estructura completa del Sistema Nacional de Innovación mexicano se muestra en la gráfica 26. En la gráfica se indican los lazos en ambos sentidos para enfatizar las relaciones de reciprocidad entre todos los actores identificados.



Gráfica 26  
ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN MEXICANO



Fuente: elaboración propia.

Aun cuando nos referimos al sistema de innovación a nivel nacional, debemos enfatizar que el proceso innovador es las más de las veces un

fenómeno que depende primordialmente de factores regionales. Incluso, varios autores opinan que resultaría más productivo referirnos a sistemas regionales de innovación. El elemento regional en la discusión sobre la innovación no puede ser exagerado (aun cuando su importancia variará dependiendo de la industria de que se trate). Una vez que el ambiente empresarial mejora (gracias a una mejor infraestructura, mejores centros de educación, niveles de vida, u otras políticas gubernamentales explícitas diseñadas para atraer inversiones a una región), las compañías empiezan a concentrarse en ubicaciones geográficas específicas, dando origen a la formación de *clusters*.

En este sentido, el marco analítico propuesto por Furman<sup>159</sup> resulta de utilidad, ya que ellos identifican tres elementos que explican la capacidad innovadora de un país (definido como el potencial para producir una corriente de innovaciones comercialmente relevantes), e incorporan los tres niveles de análisis en los cuales debe estudiarse la innovación: nacional, regional y sectorial. Tales elementos son:

- La infraestructura común de apoyo a la innovación (análisis nacional).
- El ambiente específico de desarrollo de los principales *clusters* industriales (análisis regional y sectorial).
- La calidad de los lazos entre ambos (elementos del enfoque sistémico que enfatiza los lazos entre actores).

Cada uno de estos elementos tiene asociado un grupo de instituciones que en su conjunto constituyen parte del entorno en el cual se diseñan e implementan las políticas científicas y tecnológicas. El objetivo fundamental de los instrumentos que constituyen estas políticas debe ser, entre otros, apoyar el establecimiento de los lazos entre los actores del sistema nacional de innovación con el fin de que, eventualmente, llegue a constituirse como tal y deje de ser un conjunto de elementos con una escasa interacción entre ellos, situación que constituye en la actualidad un importante impedimento para explotar el potencial que ofrece la ciencia y la tecnología para el desarrollo del país.

159 Furman, Jeffrey L. *et al.*, "The Determinants of National Innovative Capacity", *Research Policy*, vol. 31, 2002, pp. 899-933.

#### IV. LOS ELEMENTOS REGULATORIOS, FINANCIEROS Y CULTURALES DEL ENTORNO

Para completar el análisis del entorno que determina la realización de actividades científicas y tecnológicas y, en gran medida, el impacto de éstas en la economía y en la sociedad, en este apartado discutimos otros elementos además del institucional descrito en la sección precedente. En primer lugar, el marco regulatorio incluye, además de la ley que rige de manera específica la realización de las actividades científicas y tecnológicas (Ley de Ciencia y Tecnología), otras regulaciones relevantes que, si bien no tienen el apoyo al desarrollo científico y tecnológico como su objetivo fundamental, son igualmente importantes porque contribuyen a crear un ambiente propicio para la realización de actividades de innovación.

En un país en vías de desarrollo como México, el acceso a los mercados de capital o fuentes alternativas de financiamiento (que constituyen el entorno financiero) para la realización de inversiones productivas (en especial aquellas que involucran un alto grado de incertidumbre como las relacionadas a proyectos de IyD) es un elemento de crucial importancia. Por último, en la parte del entorno cultural se discuten factores idiosincrásicos no relacionados con instituciones, normatividad o financiamiento (sino con la conducta y percepciones de las personas) y que también pueden afectar decisivamente la realización de actividades científicas y tecnológicas.

##### 1. *Entorno regulatorio*

A pesar de que el CONACYT fue creado en 1970, no fue sino hasta 1999 que se creó un marco legal específico para el fortalecimiento y desarrollo de las actividades científicas y tecnológicas en el país con la Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica (LFICyT). Esta Ley fue gestada de común acuerdo por el Consejo Consultivo de Ciencias (CCC), la Academia Mexicana de Ciencias (AMC) y el CONACYT.

La nueva Ley de Ciencia y Tecnología (LCyT) que deroga la LFICyT fue publicada en el *Diario Oficial de la Federación* en junio de 2002, al igual que la nueva Ley Orgánica del CONACYT. La Ley de Ciencia y Tecnología tiene entre sus principales objetivos los siguientes:

- 1) Regular los apoyos que el gobierno otorga para alentar el desarrollo científico y tecnológico del país.
- 2) Determinar los instrumentos mediante los cuales el gobierno proporcionará los apoyos.
- 3) Establecer mecanismos de coordinación entre los diversos actores involucrados en el desarrollo científico y tecnológico.
- 4) Establecer mecanismos de coordinación con los gobiernos de las entidades federativas.
- 5) Vincular la investigación científica y tecnológica con la educación.

En septiembre de 2004 se adicionó un artículo a la LCyT, en el cual se especifica que “el monto anual que el Estado-Federación, entidades federativas y municipios destinen a las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico, deberá ser tal que el gasto nacional en este rubro no podrá ser menor al 1% del producto interno bruto mediante los apoyos, mecanismos e instrumentos previstos en la presente Ley”. Este cambio se introdujo con el fin de expresar el apoyo que el gobierno federal confiere a la ciencia y la tecnología. Resta por verse si en el futuro esta medida legislativa se traduce en un verdadero incremento al financiamiento de las actividades científicas y tecnológicas.

Además de la LCyT, el entorno regulatorio se refiere a los elementos del ambiente que se encuentran bajo el control directo del gobierno y que tienen un impacto en el desarrollo de actividades científicas y tecnológicas. El impacto de las regulaciones puede ser negativo al crear barreras al proceso innovador e incrementar los costos de transacción y la incertidumbre asociada si el marco regulatorio no se cumple o se cumple de forma selectiva. Además, las regulaciones pueden distorsionar la selección de tecnologías. Sin embargo, el impacto del entorno regulatorio también puede resultar positivo al crear un ambiente de apertura hacia el exterior y facilitar la transferencia de tecnologías y al proporcionar mayor certidumbre si las regulaciones se cumplen de forma estricta sin selectividad. Podemos identificar cuatro áreas que tienen un efecto particularmente importante en la realización de actividades científicas y tecnológicas:

- La política comercial.
- La política hacia la inversión extranjera directa (IED).

- La política hacia la propiedad intelectual.
- La política de competencia.

El caso mexicano de apertura económica y desregulación es particularmente interesante, ya que el país experimentó una transformación radical desde mediados de la década de los ochenta. Este cambio se vio reflejado en medidas como el ingreso al GATT (predecesor de la Organización Mundial de Comercio) en 1986, la negociación del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá, la creación de un ambiente amigable al inversionista extranjero (con el consecuente abandono de las políticas nacionalistas del pasado), el fortalecimiento del respeto a la propiedad intelectual industrial y la desregulación de las transacciones tecnológicas. Este cambio en las políticas comerciales, industriales, tecnológicas y hacia la inversión extranjera fue parte de una profunda transición que implicó el abandono de una estrategia de desarrollo liderada por el Estado hacia un modelo alternativo que da más énfasis al mercado. Aun cuando otros países experimentaron transiciones similares, el caso mexicano es sin duda uno de los más completos.

El proceso de apertura de la economía mexicana se vio reflejado en un dramático incremento en los niveles de comercio y de recepción de inversión extranjera. Ambos flujos se encuentran íntimamente relacionados, ya que gran parte del incremento en el nivel de exportaciones se concentra en sectores como el automotriz y la electrónica, que fueron precisamente los más favorecidos por la IED.<sup>160</sup> De esta forma, la composición de las exportaciones mexicanas cambió radicalmente: mientras que a principios de la década de los setentas éstas se encontraban dominadas por productos primarios, hacia mediados de la década de los noventa los principales productos de exportación eran automóviles y equipo electrónico producidos por compañías multinacionales.

La inversión extranjera directa no es solamente una fuente de financiamiento. También constituye un medio para la adquisición de tecnolo-

160 Estos inversionistas siguieron una estrategia de *búsqueda de eficiencia*, en la cual se busca el acceso a los mercados de exportación, la calidad y el costo de los recursos humanos, o el aprovechamiento de acuerdos comerciales. De esta forma, la mayor parte de la producción de artículos con alto contenido tecnológico se dedica predominantemente a la exportación al mercado norteamericano. Otras estrategias posibles son la *búsqueda de materias primas* y la *búsqueda de mercado*, aun cuando éstas son seguidas predominantemente en países de América del sur.

gía y habilidades gerenciales que juegan un papel esencial en el proceso de desarrollo industrial. De esta forma, tanto el comercio internacional como la IED contribuyen a crear mecanismos que alientan el desarrollo de actividades científicas y tecnológicas, entre ellos:

- Mayor facilidad para realizar transacciones tecnológicas con el exterior.
- Mayor facilidad para importar equipo y maquinaria necesaria para la realización de actividades científicas y tecnológicas.
- Contacto con compradores y vendedores en el mercado internacional que se encuentran al tanto de los avances tecnológicos.
- Generación de derramas tecnológicas de las empresas extranjeras hacia el sector doméstico de la economía.<sup>161</sup>
- Transferencia de equipo, capacitación de trabajadores e intercambio de información técnica de la compañía filial con la empresa matriz ubicada el extranjero.

Sin embargo, aun cuando la IED está asociada a la transferencia de información y bienes tecnológicos, esto no implica que también se transfiera el entendimiento tecnológico, de modo que resulta incierto hasta que grado las mejoras tecnológicas en empresas extranjeras afectan las capacidades tecnológicas nacionales.

Con respecto a la propiedad intelectual, podemos definir ésta como el conjunto de derechos patrimoniales de carácter exclusivo que otorga el Estado por un tiempo determinado a las personas físicas o morales que llevan a cabo la realización de creaciones artísticas o que realizan inven-

161 Las derramas son transferencias de conocimiento que resultan en incrementos de la productividad del agente que las recibe. Su importancia radica en su potencial para reducir las inequidades en los *stocks* de conocimiento entre firmas y entre países. Siguiendo Grossman y Helpman (Grossman, Gene M. y Helpman, Elhanan, *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, The MIT Press, MA., 1991), se puede afirmar que las derramas ocurren cuando “(1) firmas pueden adquirir la información creada por otros sin pagar por ella en una transacción de mercado, y (2) los creadores (o los dueños actuales) de la información no tienen un recurso legal efectivo, bajo las leyes imperantes, si otras firmas utilizan la información adquirida” (p. 16). Romo Murillo (Romo Murillo, David, *Inversión extranjera, derramas tecnológicas y desarrollo industrial en México*, México, Fondo de Cultura Económica, 2005) explora en detalle este aspecto para el caso de la industria manufacturera mexicana.

ciones o innovaciones.<sup>162</sup> El sistema de patentes está diseñado para crear un mercado de conocimiento por medio del cual se asignan derechos de propiedad a los innovadores con el fin de que éstos puedan vencer el problema de la falta de apropiabilidad de los beneficios de una innovación, mientras se promueve al mismo tiempo la difusión del conocimiento al hacerlo público.<sup>163</sup>

Como parte del proceso de desregulación económica y de implementación de una nueva estrategia de desarrollo, en 1991 se promulgó la nueva Ley de la Propiedad Industrial, cuya aplicación administrativa corresponde al Ejecutivo federal por conducto del Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (IMPI), que fue creado por dicha Ley. Conviene en este punto revisar algunas estadísticas relevantes.<sup>164</sup>

El cuadro 24 presenta estadísticas sobre solicitudes de patentes en México para el periodo 1980-2003, el cual resulta de relevancia porque durante éste se implementaron los cambios legislativos que fortalecieron el régimen de propiedad industrial a principios de la década de los noventa. De estos datos se desprenden varias observaciones reveladoras.

La *relación de dependencia* se define como el número de solicitudes de patentes hechas por extranjeros entre el número de solicitudes hechas por nacionales. La tendencia creciente durante el periodo de estudio es clara (con la excepción del descenso experimentado en 1995). Mientras que en 1980 por cada solicitud de patente de un extranjero había 6.2 solicitudes de nacionales, en 2003 esta cifra prácticamente se multiplicó por cuatro para llegar a 25. Además de la falta de dinamismo del sector industrial y académico mexicano en cuanto a solicitud de patentes, esta tendencia refleja también el interés existente en otros países por comercializar sus productos en México, sobre todo después de que México se adhirió al Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (PCT, por sus siglas en inglés).<sup>165</sup>

162 CONACYT, *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología 2003*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, 2003.

163 Geroski, Paul, "Markets for Technology: Knowledge, Innovation and Appropriability", en Stoneman, Paul (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Oxford, Blackwell Publishers, 1995.

164 Para mayor detalle sobre este punto véase apartado V del capítulo "El marco jurídico del sistema de ciencia y tecnología" de este mismo libro.

165 El PCT (*Patent Cooperation Treaty*) es un procedimiento que unifica la tramitación de las solicitudes de patentes que se desean obtener en los países miembros del Tratado. Con base al mismo, se sustituye la tramitación país por país y disminuyen los cos-

El anterior resultado se refleja también (como es de esperarse) en la *relación de autosuficiencia*, la cual mide el número de solicitudes de nacionales entre el número de solicitudes totales. En concordancia con el aumento de la relación de dependencia, la relación de autosuficiencia ha experimentado un descenso continuo.

El *coeficiente de inventiva* se define como el número de solicitudes de nacionales por cada 10,000 habitantes y es un indicador de la proporción de la población que se dedica a actividades relacionadas con el desarrollo tecnológico. Aun cuando durante los últimos diez años reportados el valor del indicador se ha mantenido aproximadamente constante, durante el periodo 1980-2003 la disminución ha sido de un dramático 50%, al pasar de 0.1 en 1980 (es decir, una solicitud por cada 100,000 habitantes) a 0.05 en 2003 (o 1 solicitud por cada 200,000 habitantes).

Cuadro 24

## VARIABLES SOBRE SOLICITUDES DE PATENTES EN MÉXICO, 1980-2003

| <i>Año</i> | <i>Relación de Dependencia</i> | <i>Relación de Autosuficiencia</i> | <i>Coeficiente de Inventiva</i> | <i>Tasa de Difusión</i> |
|------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1980       | 6.21                           | 0.14                               | 0.1                             |                         |
| 1981       | 6.57                           | 0.13                               | 0.1                             |                         |
| 1982       | 8.14                           | 0.11                               | 0.08                            |                         |
| 1983       | 4.86                           | 0.17                               | 0.1                             |                         |
| 1984       | 5.24                           | 0.16                               | 0.09                            |                         |
| 1985       | 5.32                           | 0.16                               | 0.08                            | 0.25                    |
| 1986       | 4.88                           | 0.17                               | 0.08                            | 0.19                    |
| 1987       | 4.73                           | 0.17                               | 0.10                            | 0.21                    |
| 1988       | 5.75                           | 0.15                               | 0.08                            | 0.22                    |
| 1989       | 5.04                           | 0.17                               | 0.09                            | 0.32                    |
| 1990       | 6.66                           | 0.13                               | 0.08                            | 0.30                    |
| 1991       | 8.35                           | 0.11                               | 0.07                            | 0.44                    |

tos del procedimiento. De esta forma, esta medida incentiva el nivel de solicitudes de patentamiento de extranjeros en el país, así como las solicitudes de patentes de mexicanos en el extranjero.



*Continuación*

| <i>Año</i> | <i>Relación de Dependencia</i> | <i>Relación de Autosuficiencia</i> | <i>Coefficiente de Inventiva</i> | <i>Tasa de Difusión</i> |
|------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 1992       | 12.62                          | 0.07                               | 0.07                             | 0.56                    |
| 1993       | 13.85                          | 0.07                               | 0.06                             | 0.43                    |
| 1994       | 18.97                          | 0.05                               | 0.06                             | 0.34                    |
| 1995       | 11.48                          | 0.08                               | 0.05                             | 1.14                    |
| 1996       | 16.49                          | 0.06                               | 0.04                             | 2.41                    |
| 1997       | 24.07                          | 0.04                               | 0.04                             | 4.31                    |
| 1998       | 23.05                          | 0.04                               | 0.05                             | 7.45                    |
| 1999       | 25.62                          | 0.04                               | 0.05                             | 7.20                    |
| 2000       | 29.30                          | 0.03                               | 0.04                             | 7.30                    |
| 2001       | 24.40                          | 0.04                               | 0.05                             | 6.10                    |
| 2002       | 23.83                          | 0.04                               | 0.05                             |                         |
| 2003       | 25.08                          | 0.04                               | 0.05                             |                         |

Fuente: CONACYT (2003, 2004).

Relación de Dependencia = (solicitudes de extranjeros) / (solicitudes de nacionales).

Relación de Autosuficiencia = (solicitudes de nacionales) / (solicitudes totales).

Coefficiente de Inventiva = (solicitudes de nacionales) / (10,000 habitantes).

Tasa de Difusión = (solicitudes externas) / (solicitudes de nacionales).

La *tasa de difusión* representa el cociente del número de solicitudes hechas por mexicanos en el extranjero entre el número de solicitudes de nacionales, y constituye un indicador de la magnitud en que se dan a conocer los inventos desarrollados por mexicanos en el exterior. La tendencia creciente de la tasa de difusión resulta clara, experimentando un abrupto incremento en 1995 y 1996, lo cual se atribuye a la entrada en vigor del PCT en México que facilitó el registro de patentes en otros países.

Resulta interesante notar que durante el periodo 1996-2002 las principales empresas e instituciones mexicanas en cuanto a la solicitud de patentes fueron el Instituto Mexicano del Petróleo (con 120 solicitudes), seguido de Conдумex (46), la UNAM (42), y el Centro de Investigación en Química Aplicada (34). Con respecto a las empresas o instituciones extranjeras, las principales fueron Procter & Gamble (con 3,011 solicitudes), Basf (1,043), Kimberly Clark (882), y 3M (467). Estas cifras ponen en

evidencia la enorme brecha existente entre el desempeño innovador de empresas e instituciones mexicanas con respecto a sus contrapartes extranjeras.

Por último, la política de competencia, además de su función de defensa de los consumidores y de eliminación de prácticas anticompetitivas tales como la colusión entre competidores, exclusión de competidores, y concentración excesiva de poder de mercado, tiene un efecto fundamental sobre la realización de actividades tecnológicas. Sin embargo, existe una disputa sin resolver en el campo de la economía industrial sobre el efecto de la estructura de mercado de una industria (concentración y rivalidad de las empresas) sobre el desempeño innovador y el cambio tecnológico.

El efecto del poder de mercado sobre la innovación puede rastrearse a las ideas del economista Joseph Schumpeter sobre el tema. En primer lugar, Schumpeter reconocía que las firmas necesitan que se les garantice un cierto poder de mercado para aumentar los incentivos para innovar (esta premisa es precisamente la base del sistema de patentes). En segundo lugar, Schumpeter propuso que una estructura de mercado oligopólica *ex-ante*, así como el dominio de cierto poder de mercado también *ex-ante* favorecerían la innovación. Él argumentaba que una estructura oligopólica hacía el comportamiento de los rivales más estable y predecible, lo cual reducía la incertidumbre asociada con una rivalidad “excesiva” y por consiguiente creaba un ambiente más propicio para la innovación. Además de lo anterior, y reconociendo las imperfecciones del mercado de capitales, Schumpeter también proponía que las ganancias derivadas del poder de mercado que posee una firma le proporcionaban los recursos internos necesarios para invertir en las actividades innovadoras. Sin embargo, dada la falta de estudios empíricos que proporcionen resultados concluyentes, algunos investigadores afirman que la respuesta a esta interrogante (es decir, qué estructura de mercado favorece la innovación) depende de la industria específica de que se trate y de la naturaleza de la tecnología en cuestión.<sup>166</sup>

Con respecto a la regulación mexicana en la materia, la Ley Federal de Competencia Económica, publicada en el *Diario Oficial de la Federación* en diciembre de 1992, tiene por objeto proteger el proceso de competencia y libre concurrencia mediante la prevención y eliminación de monopolios, prácticas monopólicas y demás restricciones al funciona-

166 Cohen, Wesley M. y Levin, Richard C., “Empirical Studies of Innovation and Market Structure”, en Schmalensee, Richard y Willig, Robert D. (eds.), *Handbook of Industrial Organization*, North-Holland, Amsterdam, 1989, vol. II.

miento eficiente de los mercados de bienes y servicios. El órgano operador de la Ley es la Comisión Federal de Competencia (CFC), creada en 1993. La CFC es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Economía que cuenta con autonomía técnica y goza de autonomía para dictar sus resoluciones.

## 2. *Entorno financiero*

El simple análisis de las tasas de interés aporta poco al estudio de la disponibilidad de crédito, ya que aun cuando éstas sean bajas, la banca comercial puede considerar poco atractivo prestar a empresas de ciertos sectores o bien la exigencia de colateral para el otorgamiento del crédito puede dificultar el acceso al mismo. Diversas estadísticas muestran que la falta de otorgamiento de crédito en México constituye una de las principales barreras a la modernización tecnológica de las empresas. Baste mencionar que en México, la proporción del crédito como porcentaje del PIB se sitúa en 19.7%, mientras que en Argentina este indicador se sitúa en 24.2%, en Brasil en 34.2%, y en Chile en 64.4%. Con respecto a los socios comerciales de México en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, tal porcentaje alcanza 71.5% en los Estados Unidos y 88.2% en Canadá.<sup>167</sup>

Un indicador adicional de la facilidad de acceso a crédito es presentado a través de las Encuestas de Evaluación Coyuntural del Mercado Crediticio desarrolladas por el Banco de México de manera trimestral. De los datos más recientes de la misma se observa que, en promedio, la banca comercial nacional cubre sólo alrededor del 19% de las necesidades crediticias de las empresas, mientras que la mayor parte encuentra en los proveedores su principal fuente de financiamiento. Estos datos ponen de manifiesto la dificultad de acceder a crédito en el circuito financiero formal aun para proyectos que presentan claros retornos económicos y bajos niveles de riesgo. Entre los principales motivos por los que las empresas no utilizan el crédito bancario se encuentran (de acuerdo a la misma encuesta): altas tasas de interés, negativa de la banca, incertidumbre sobre la situación económica y rechazo de solicitudes, entre las principales.

<sup>167</sup> “Mayor penetración, principal desafío del sistema bancario”, *El Financiero*, 13 de agosto de 2004.

Con el panorama anterior, no resulta sorprendente que tal situación se magnifique para el caso del financiamiento de proyectos de desarrollo tecnológico. El proceso del desarrollo de productos o procesos innovadores toma un periodo considerable de tiempo, desde las actividades de investigación que les dan origen hasta el desarrollo de un producto o proceso susceptible de ser introducido al mercado y generar ganancias. Cada una de las etapas involucradas requiere de la inversión de capital y tiene asociado un grado de riesgo e incertidumbre que generalmente resultan inaceptables para la banca comercial.

De esta forma, las empresas que deciden emprender un proyecto de desarrollo tecnológico en México enfrentan un ambiente francamente adverso con respecto a la obtención de financiamiento. Los empresarios mexicanos tienen entonces, como opciones de financiamiento: el uso de fondos propios, financiamiento bancario, apoyos gubernamentales, capital de riesgo e inversionistas privados (ángeles). La gráfica 27 presenta los resultados de la Encuesta Nacional de Innovación sobre la importancia de diferentes mecanismos de financiamiento de proyectos de innovación en las empresas del sector manufacturero para el periodo 1999-2000.

Gráfica 27

## MECANISMOS DE FINANCIAMIENTO DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN (%)



*Fuente:* Encuesta Nacional de Innovación.

La distribución porcentual mostrada está en línea con lo que se ha discutido en esta sección con respecto a la dificultad de acceder a fuentes de financiamiento para la IyD. Así, no resulta sorprendente que la gran mayoría de las empresas (el 71%) financien sus proyectos de desarrollo tecnológico con recursos propios, seguido en un lejano segundo lugar por créditos de instituciones bancarias. Otro aspecto a resaltar de estos resultados es que los apoyos gubernamentales constituyeron una fuente de financiamiento para apenas el 3% de las empresas.

### *3. Entorno cultural*

El entorno cultural se refiere al reconocimiento por parte de la población (y de los empresarios en particular) de la importancia del desarrollo científico y tecnológico para aumentar la competitividad de las empresas y los niveles de bienestar de la población en general. Como es de esperarse, este es un entorno difícil de cuantificar; al respecto, hacemos uso de los resultados de la Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología en México realizada por el CONACYT en cooperación con el INEGI entre 2001 y 2002. Los objetivos de la misma fueron: detectar el nivel de conocimiento que tienen las personas en el país en torno a nuevos descubrimientos científicos y desarrollos tecnológicos, su actitud frente a sus posibles impactos, las fuentes de información que les hacen llegar tales conocimientos y la percepción que tienen respecto a su propio conocimiento y entendimiento de tópicos en la materia.

El cuadro 25 presenta algunos resultados sobre las promesas de la ciencia y la tecnología. Cabe enfatizar que éstas son las respuestas otorgadas por la población en general, no sólo por el sector empresarial. De acuerdo a los resultados presentados, un elevado porcentaje de la población tiene confianza en que el progreso científico y tecnológico ayudará a encontrar la cura de enfermedades y en general a elevar los niveles de bienestar. Al mismo tiempo, los entrevistados reconocen la baja calidad de la educación científica en México, ya que sólo el 40% consideró que ésta era adecuada. Probablemente el resultado más interesante de los reportados en la tabla se refiere a la afirmación “la investigación científica hace que los productos industriales sean más baratos”. Sólo el 45% de la población entrevistada estuvo de acuerdo, mientras que un 38% estuvo en franco desacuerdo. Asimismo, la automatización de fá-

bricas y el uso de tecnologías de la computación tienden a ser asociadas con la pérdida de empleos. La percepción de que las actividades de investigación y desarrollo tecnológicos se traducen necesariamente en productos más caros y en la pérdida de empleos refleja la ausencia (o debilidad) de una cultura tecnológica que asocie el avance tecnológico con un aumento de la competitividad de la empresa, en mayores oportunidades para la generación de empleos y, por consiguiente, en un medio para alcanzar un crecimiento económico sostenido.

Por último, resalta también que, en la mayoría de las preguntas, alrededor del 15% de los entrevistados se declaraban indiferentes o no podían responder si la afirmación era correcta o no, lo cual revela una pobre cultura científica y tecnológica de un segmento de la población.

En el desarrollo de una cultura científica y tecnológica, las cámaras industriales tienen un importante rol que jugar aumentando la conciencia sobre la importancia de la tecnología en la operación, competitividad y, en última instancia, la supervivencia de sus afiliados. Estas instituciones deben ayudarles a entender que el desarrollo tecnológico beneficia a los empresarios, al gobierno y a la sociedad en general. Las empresas que invierten en proyectos tecnológicos reducen sus costos de operación e incrementan su productividad y, al mismo tiempo, sus ventas al aumentar su competitividad. El gobierno se beneficia a través de mayores ingresos fiscales, y los consumidores obtienen un producto de mejor calidad.

**Cuadro 25**  
**EXPECTATIVAS DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN MÉXICO**

| <i>Afirmación</i>  | <i>Opinión (%)</i> |                    |                   |                |
|--|--------------------|--------------------|-------------------|----------------|
|  | <i>Acuerdo</i>     | <i>Indiferente</i> | <i>Desacuerdo</i> | <i>No sabe</i> |
| El progreso científico y tecnológico ayudará a encontrar la cura para enfermedades como el cáncer y el SIDA. | 89.9               | 5.1                | 4.7               | 0.4            |
| La ciencia y la tecnología hacen nuestras vidas más fáciles, confortables y con mayores niveles de salud.    | 80.5               | 12.4               | 6.8               | 0.3            |
| La investigación científica y tecnológica juega un papel fundamental en el desarrollo industrial.            | 79.5               | 14.3               | 5.7               | 0.5            |
| Es importante para mí tener conocimientos científicos en mi vida diaria.                                     | 76.8               | 15.4               | 7.6               | 0.2            |
| La investigación científica hace que los productos industriales sean más baratos.                            | 45.2               | 16.4               | 38.0              | 0.4            |
| En general, la automatización de las fábricas y la computación crearán más empleos de los que se eliminarán. | 43.3               | 16.3               | 40.1              | 0.2            |
| La calidad de la educación científica en las escuelas de México es la adecuada.                              | 40.2               | 16.8               | 42.7              | 0.3            |
| Gracias a los avances científicos y tecnológicos los recursos naturales de la tierra serán inagotables.      | 38.8               | 15.2               | 45.6              | 0.4            |

*Fuente:* Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología (CONACYT, 2003).

## V. TECNOLOGÍA Y COMPETITIVIDAD

Como indicamos en la sección introductoria, pondremos énfasis en el impacto de las actividades de desarrollo tecnológico sobre la competitividad. Por lo tanto, resulta pertinente discutir la relación entre tecnología y la competitividad de las empresas y del país.<sup>168</sup>

La importancia de introducir innovaciones al mercado para mantener e incrementar la competitividad de una empresa no puede ser subestimada, además de que este hecho constituye la premisa básica de cualquier especialista en el estudio de la competitividad. Sin embargo, esta apreciación dista de ser novedosa. En su obra clásica *Capitalismo, socialismo y democracia*, el economista Joseph Schumpeter<sup>169</sup> ya afirmaba que:

...no es la competencia en precio lo que cuenta, sino la competencia del nuevo producto, la nueva tecnología, la nueva fuente de abastecimiento, la nueva forma de organización... competencia que involucra una ventaja decisiva en cuanto a costo o calidad y que impacta no sólo los márgenes de utilidades y producción de las firmas existentes, sino sus mismos fundamentos y su existencia.

Fagerberg<sup>170</sup> analizó la evidencia empírica concerniente al comercio internacional en los principales países industrializados y observó que los países que incrementaban su participación de mercado también experimentaban un mayor crecimiento en su productividad y aumentaban asimismo sus capacidades tecnológicas. Como resultado de esta investigación empírica, llegó también a la conclusión de que lo más importante es la competencia basada en tecnología y no la basada en precios, por lo que equiparar la competitividad internacional únicamente con base en in-

168 La competitividad es un concepto que puede aplicarse a diferentes niveles de análisis, tales como la empresa, la región, o el país. Véase Romo Murillo y Abdel Musik (Romo Murillo, David y Musik, Guillermo Abdel, "Sobre el Concepto de Competitividad", *Comercio Exterior*, vol. 55, núm. 3, 2005, pp. 200-214) para una discusión más detallada.

169 Schumpeter, Joseph A., *Capitalism, Socialism and Democracy*, Nueva York, Harper & Row, 1942, p. 84.

170 Fagerberg, Jan, "Technology and Competitiveness", *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 12, núm. 3, 1996, pp. 39-51.



dicadores de costos o precios unitarios relativos puede ser engañoso.<sup>171</sup> Una serie de análisis anteriores también habían llegado a esta conclusión (véase, por ejemplo Porter).<sup>172</sup>

Se reconoce que la competencia basada en precios tiene importancia en industrias que son intensivas en mano de obra, por ejemplo la industria del vestido. Sin embargo, a medida que avanza el proceso de desarrollo, también se puede esperar que los países diversifiquen sus exportaciones, incluyendo productos con un mayor contenido tecnológico. México es un claro ejemplo de esta tendencia, al reducir la contribución de sus exportaciones primarias en el total de exportaciones del 83.6% al 16.5% durante el periodo de 1965 al 2000 y aumentar significativamente sus exportaciones con medio y alto contenido tecnológico.

La tecnología juega un papel fundamental en el proceso de desarrollo industrial puesto que, como señala Guerrieri,<sup>173</sup> “el desarrollo industrial puede verse como una secuencia de transformación estructural dentro del sector manufacturero, impulsado por la tecnología, y que contribuye al surgimiento de nuevos productos y sectores”. Najmabadi y Lall<sup>174</sup> exponen de manera muy concisa el significado e importancia del desarrollo de capacidades tecnológicas. Definen la capacidad tecnológica como las “habilidades —técnicas, administrativas y organizacionales— que son necesarias para que las empresas establezcan una planta, la utilicen de manera eficiente, la mejoren y expandan con el tiempo, y desarrollen nuevos productos y procesos” (p. 2).<sup>175</sup> Así, implícita en esta definición

171 Fagerberg propuso esta explicación para la denominada “paradoja de Kaldor”. El economista Nicholas Kaldor demostró que, en el largo plazo, la participación de mercado de las exportaciones y los costos o precios unitarios relativos tendían a variar a la par (esto es, el crecimiento de la participación de mercado y el aumento en los costos relativos van de la mano), contradiciendo la creencia convencional que ignoraba el papel de la tecnología.

172 Véase las dos obras de Porter, Michael, “Changing Patterns of International Competition”, *California Management Review*, vol. 28, núm. 2, pp. 9-40, 1986, y “The Competitive Advantage of Nations”, *Harvard Business Review*, vol. 68, núm. 2, 1990, pp. 73-93.

173 Guerrieri, Paolo, “International Trade Pattern, Structural Change and Technology in Major Latin American Countries”, *Giornale degli Economisti e Annali di Economia*, vol. 53, núm. 4-6, 1994, pp. 287.

174 Najmabadi, Farrokh y Lall, Sanjaya, *Developing Industrial Technology: Lessons for Policy and Practice*, Washington, D. C., The World Bank, 1995.

175 Según Bell, Martin *et al.*, “Assessing the Performance of Infant Industries”, *World Bank Staff Working Papers*, Washington, D.C., núm. 666, 1994, “la tecnología se refiere a un conjunto de procesos físicos que transforman los insumos en productos terminados,

yace la idea de que las capacidades deben ser desarrolladas en tres áreas: *inversión* (con el fin de identificar, preparar, diseñar, construir y equipar nuevas instalaciones o ampliar las ya existentes), *producción* (con el fin de operar las instalaciones de producción con la capacidad de adaptar operaciones a las circunstancias cambiantes del mercado), e *innovación* (con el objeto de mejorar la tecnología o desarrollar nuevos productos o procesos que satisfagan mejor necesidades específicas).<sup>176</sup>

Debido a los muchos elementos tácitos de la tecnología, estas capacidades deben ser adquiridas de manera consciente, y no se puede esperar que surjan como un producto secundario automático de la capacidad de producción (esto es, como un aprendizaje pasivo a través de la práctica). Bell y Pavitt<sup>177</sup> hacen una distinción entre la capacidad de producción y la capacidad tecnológica. La primera tiene que ver con el equipo, las especificaciones del producto y de los insumos, y los sistemas organizacionales. Por su parte, la capacidad tecnológica tiene que ver con los recursos específicos necesarios para generar y dirigir el cambio técnico, principalmente las habilidades técnicas, conocimiento, experiencia y estructuras institucionales.

La importancia del desarrollo de capacidades tecnológicas para fortalecer la competitividad a todos los niveles (en la empresa, la región y el país) yace en el hecho de que, con el tiempo, dicho proceso implica una “profundización” de estas capacidades. Dicho de otro modo, se empiezan a llevar a cabo tareas más complejas y demandantes en términos de adaptación, perfeccionamiento, diseño, ingeniería, desarrollo e innovación. Tal como explican Najmabadi y Lall,<sup>178</sup> esta profundización de las capacidades genera beneficios adicionales, incluyendo: una diseminación más amplia de la tecnología, un mayor uso de insumos locales, mayor diferenciación de productos, un valor agregado local más elevado, y la capacidad de responder de manera más eficaz a los cambios en las condiciones del mercado. Además, el proceso de desarrollo industrial se ve acelerado por la entrada a actividades con un valor agregado más alto.

a las especificaciones de los insumos y de los productos, y a las disposiciones organizacionales y de procedimientos para efectuar esas transformaciones” (p. 10).

176 Véase Lall, Sanjaya, “Technological Capabilities and Industrialization,” *World Development*, vol. 20, núm. 2, 1992, pp. 165-186.

177 Bell, Martin y Pavitt, Keith, *Accumulating Technological Capability in Developing Countries*, Proceedings of the Annual World Bank Conference on Development Economics 1992, Washington, D. C., The World Bank, 1993.

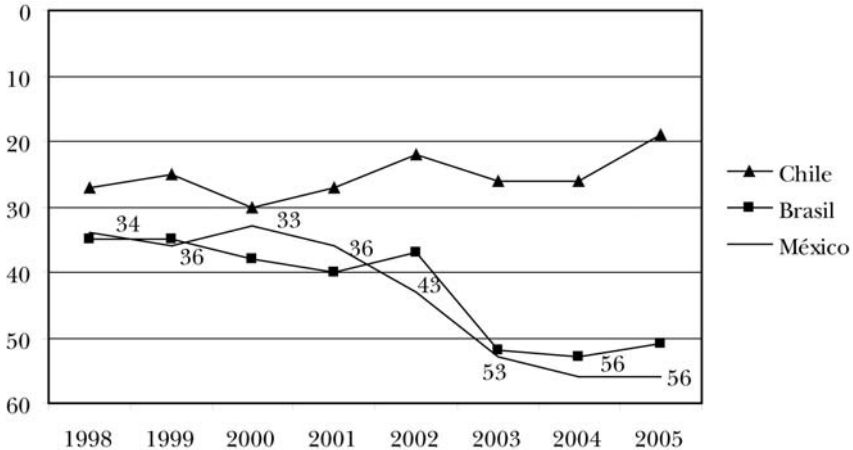
178 Najmabadi, Farrokh y Lall, Sanjaya, *op. cit.*, nota 174.

De esta brevísima recapitulación de la literatura sobre el tema, debe quedar claro que no será posible aumentar la competitividad de las empresas o de un país si se ignora el papel fundamental que juegan la ciencia y la tecnología. Como es de esperarse, el concepto de competitividad es multifacético e involucra aspectos tales como la calidad de la administración pública, la estabilidad política y macroeconómica, la calidad del capital humano y la infraestructura física disponible, entre otros. Calcular un índice que indique la posición competitiva de un país involucra necesariamente una serie de suposiciones y simplificaciones que resultan con frecuencia cuestionables. Sin embargo, los esfuerzos desarrollados por varios organismos internacionales (tales como el Foro Económico Mundial-WEF y el Instituto de Desarrollo Administrativo-IMD) resultan de interés si ayudan a identificar las principales deficiencias de una economía e implementar las medidas más adecuadas para corregirlas.

La gráfica 28 muestra la evolución del índice de competitividad elaborado por el IMD para el periodo 1998-2005. Para propósitos comparativos, además de los valores para México también se incluyen los correspondientes a otras dos economías latinoamericanas: Brasil y Chile. Los datos revelan la estrepitosa caída de la posición mexicana en el *ranking*, al descender 22 lugares en el transcurso de 7 años. Aun cuando este desempeño es comparable al de Brasil, el caso de Chile denota por el contrario una continua mejora en el posicionamiento del país sudamericano, alcanzando una brecha de 37 lugares en 2005.

Este índice combina variables en cuatro principales áreas: desempeño económico, eficiencia del gobierno, eficiencia de negocios, e infraestructura. El último rubro incluye las variables relativas a la infraestructura científica y tecnológica (además de infraestructura básica, salud y medio ambiente, y educación). Resulta revelador que la caída observada en el índice general se ve reflejada también en el índice correspondiente a la infraestructura, en donde México pasó de ocupar el lugar 39 en 1998 al lugar 59 en 2005.

Gráfica 28  
ÍNDICES DE COMPETITIVIDAD IMD, 1998-2005



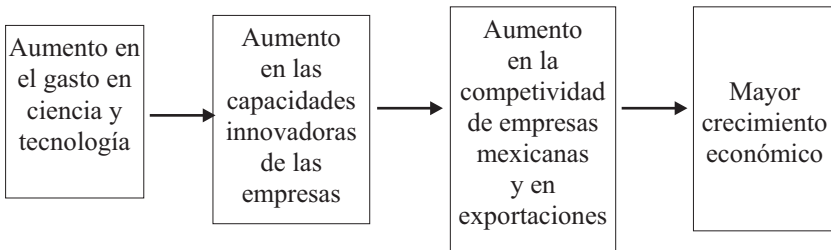
Fuente: IMD.

Resultados similares se pueden observar con el índice desarrollado por el WEF. Ambos revelan, además de la posición de deterioro de la competitividad mexicana, la escasa contribución de la ciencia y la tecnología al impulso de la misma.

Pasamos ahora a explorar la relación entre el esfuerzo en desarrollo tecnológico de las empresas y la competitividad de las mismas, reflejada en su dinamismo exportador. El considerar la participación de las firmas en los mercados internacionales a través de la exportación es un buen indicador de la competitividad de las mismas, ya que sólo aquellas que ofrecen productos y servicios con una combinación de precio y calidad atractivos en relación a sus competidores tendrán éxito. Nuestro objetivo es determinar en qué grado la inversión en actividades de desarrollo tecnológico ayuda a alcanzar este objetivo. Una relación positiva reforzaría el impacto de la ciencia y la tecnología sobre el desarrollo económico del país, ya que debemos reconocer que el comercio se ha constituido en una importante fuente de crecimiento económico en México, y un número considerable de firmas deben enfrentar ahora la competencia extranjera. De la misma forma, justificaría la importancia de expandir el gasto en

ciencia y tecnología con base en el argumento que éste aumento contribuye a desarrollar las capacidades de innovación en las empresas, lo cual conduce a un incremento en las exportaciones. Éstas, a su vez, contribuyen decisivamente al crecimiento económico del país. En forma gráfica, la cadena de causalidad podría representarse de la siguiente forma:

Gráfica 29



Aun cuando la literatura empírica para México sobre el tema no es abundante, existen algunos estudios. Meza y Mora,<sup>179</sup> por ejemplo, estudian la relación entre un mayor nivel de exportaciones y la proporción de los ingresos totales que las firmas manufactureras mexicanas dedican a investigación y desarrollo. Usando la Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación del INEGI para construir un panel con datos de 1992 y 1999, encuentran evidencia que sugiere que las empresas que exportan invierten más en IyD. Sus resultados también sugieren complementariedad entre los esfuerzos en IyD del gobierno y los de las firmas privadas; es decir, un aumento en los recursos públicos en investigación y desarrollo parece afectar positivamente los esfuerzos correspondientes de las firmas en los dos años estudiados. De esta forma, las autoras concluyen que las políticas que tengan por objetivo incrementar los esfuerzos tecnológicos del sector privado, deben enfatizar la importancia de exportar.

179 Meza González, Liliana y Mora Yague, Ana Belén, “Trade and Private R&D in Mexico”, *Economía Mexicana*, vol. XIV, núm. 2, 2055, pp. 157-183.

Resumimos ahora los resultados de un estudio de los principales determinantes de la realización de actividades tecnológicas en las empresas del sector manufacturero mexicano para explorar el efecto que presenta el hecho que una firma exporte.<sup>180</sup> Para tal fin, hacemos uso de la Encuesta Nacional de Innovación (ENI) desarrollada por el CONACYT y el INEGI en el sector manufacturero. El objetivo central de la encuesta fue recolectar datos representativos de la situación que guarda la actividad innovadora en las empresas industriales. Las preguntas de la ENI de 2001 recolectan información para el periodo comprendido entre los años 1999 y 2000 y los cuestionarios se aplicaron a un total de 1,712 empresas de tres grandes divisiones de actividad económica según la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP): minería, industria manufacturera e industria de la construcción.

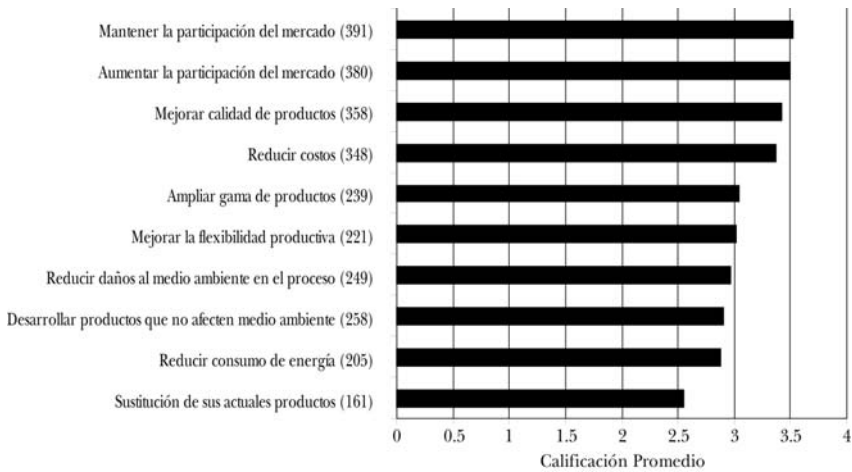
Conviene recordar que el proceso de innovación comienza con la motivación de la empresa por realizar cambios en sus productos o procesos con la finalidad de que éstos ofrezcan un servicio nuevo o significativamente mejorado. Es decir, el inicio del proceso es el objetivo o motivación inicial de la empresa para innovar, lo que conlleva a que se destinen recursos a actividades de desarrollo tecnológico e innovación.

La ENI nos proporciona información en cuanto a los objetivos de la innovación, de donde se observa que los dos rubros más importantes se refieren a la participación que tienen las empresas en el mercado. Se les pidió a las empresas encuestadas que respondieran, en una escala entre 1 (no significativo) y 4 (altamente significativo), la importancia que le asignan a ciertos objetivos. En promedio, los más importantes resultaron ser tanto mantener la participación que se tiene en el mercado como la posibilidad de aumentarla. De hecho, del total de firmas encuestadas que realizaron algún tipo de innovación (567 en total), 391 empresas le dieron el máximo grado de importancia (calificación 4) a mantener su participación, mientras que 380 afirmaron que era igualmente importante aumentarla. Cabe mencionar, además, que en segundo término hay otras dos principales motivaciones para involucrarse en actividades de desarrollo tecnológico. Éstas se refieren a mejorar la calidad de los productos

180 Este análisis forma parte del proyecto *Política Tecnológica e Innovación en México: Evaluación, Análisis y Perspectivas*, en desarrollo por el autor. Por razones de espacio, se omiten los detalles de la evaluación econométrica así como las tablas de resultados detallados, presentándose sólo los que tienen mayor relevancia para propósitos de este documento.

y reducir los costos de producción. En estos casos, las calificaciones promedio que se le dieron a dichos objetivos fueron de 3.42 y 3.37, respectivamente, entre las empresas que se involucraron en proyectos de innovación. Como se aprecia en la gráfica 30, también son importantes las cuestiones ambientales, ya que la reducción de daños al medio ambiente en el proceso productivo y el desarrollo de productos que no afecten al ambiente tienen también calificaciones relativamente altas, al igual que lograr una reducción en el consumo de energía.

Gráfica 30  
IMPORTANCIA DE LOS OBJETIVOS DE LA INNOVACIÓN



*Fuente:* elaboración propia en base a los resultados de la ENI.

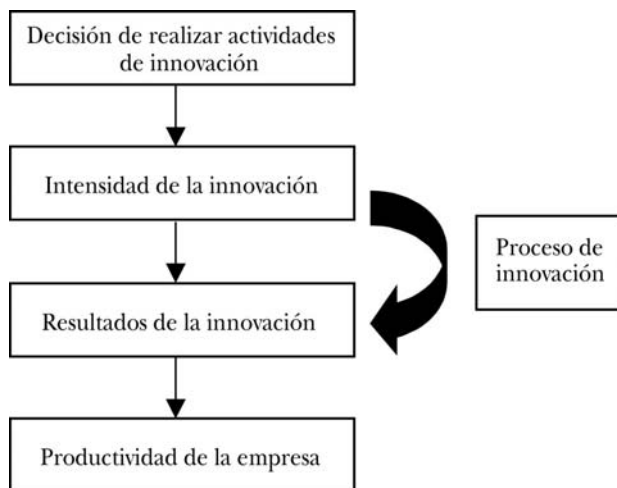
Los números entre paréntesis indican las empresas que calificaron el objetivo como “altamente significativo”.

De lo que se ha expuesto hasta aquí, debemos recordar que el proceso innovador es uno de los procesos productivos que tiene mayor nivel de

complejidad por el número de variables que lo afectan, así como uno de los que mayor grado de riesgo presenta por la incertidumbre que rodea a sus resultados. A continuación describimos de forma general el modelo que evaluamos para determinar la naturaleza de la relación entre la realización de actividades tecnológicas y la participación en mercados de exportación.

Crépon y otros<sup>181</sup> introdujeron un nuevo enfoque para realizar el análisis de las encuestas de innovación al formular un modelo que pretendía insertar el proceso innovador dentro del análisis del cambio tecnológico y sus efectos sobre la productividad de las empresas. La manera en la que abordaron el tema fue mediante un sistema de ecuaciones que describen una secuencia de pasos en el desarrollo de la innovación, desde que se toma la decisión de innovar hasta que la innovación se ve reflejada en los niveles de productividad de la empresa. La gráfica 31 presenta esta cadena de toma de decisiones para emprender la innovación y sus efectos, en el que cada uno de los pasos fue modelado con una ecuación.

Gráfica 31  
EL PROCESO INNOVADOR Y LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA



181 Crépon, B. et al., *Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level*, Cambridge, Working Paper 6696, National Bureau of Economic Research, 1998.



El modelo integrado que estimamos sigue de cerca la propuesta teórica del proceso de innovación que se presenta en la gráfica 31. Del trabajo de Crépon<sup>182</sup> tomamos el planteamiento básico de tener una ecuación que describa cada paso del proceso de innovación. Esto es, una ecuación para la toma de decisión de innovar o no hacerlo, otra ecuación para la toma de decisión sobre cuánto invertir en actividades de innovación, seguida por una especificación sobre los productos o resultados de la innovación.

No se discuten aquí los detalles de la estimación econométrica o los resultados completos de todas las ecuaciones evaluadas, lo cual consumiría una cantidad considerable de espacio. En su lugar, nos limitamos a reportar los resultados de mayor relevancia para nuestros propósitos:

- La probabilidad de que una firma se involucre en proyectos de innovación está positiva y fuertemente relacionada con el hecho de que ésta exporte. Sin embargo, esta variable no parece presentar una relación estadísticamente significativa con el monto destinado a dichos proyectos (medido como el porcentaje de las ventas totales destinado a tal fin).
- Las empresas exportadoras, además de ser más propensas a innovar, introducen productos con mayor grado de novedad (a nivel mundial, no sólo a nivel de la empresa o nacional). Sin embargo, el comportamiento exportador no parece tener ninguna relación con el porcentaje de las ventas totales proveniente de productos innovadores o con el número de patentes por empleado.

De esta forma, con base en estos resultados y los obtenidos por Meza y Mora,<sup>183</sup> se comprueba una relación positiva entre la realización de actividades tecnológicas y el hecho de exportar, lo cual constituye un mecanismo concreto en el cual las actividades científicas y tecnológicas impactan de forma positiva el desarrollo del país.

## VI. DINAMIZAR EL SISTEMA MEXICANO DE INNOVACIÓN

La ciencia mexicana ha logrado avances muy importantes. Sin embargo, los resultados actuales de la operación del sistema mexicano de inno-

182 *Idem.*

183 Meza y Mora, *op. cit.*, nota 178.

vacación son relativamente escasos, sobre todo si se juzgan en términos del impacto de la actividad del mismo en la generación de innovaciones. Así, aunque el gasto público federal en ciencia y tecnología ha ido creciendo en forma casi continua durante los últimos 15 años, el sistema mexicano de innovación no ha sido capaz de atraer los fondos y colaboración del sector productivo y académico a fin de ampliar en forma efectiva su operación. Esto, sin duda, debe contribuir a explicar lo escaso de las innovaciones generadas en la economía mexicana.

En este apartado consideramos brevemente las condiciones necesarias para dinamizar la operación del sistema mexicano de innovación de manera que éste logre obtener, en forma simultánea, mayores recursos y mejores logros, tanto en términos de avances científicos, como de su impacto en la actividad económica nacional. Conviene iniciar esta reflexión con una breve revisión histórica.

Si se toma una perspectiva de largo plazo, se observa que, entre otras muchas transformaciones, la evolución de los sistemas de ciencia y tecnología, tanto a nivel mundial como nacional, pasa por dos etapas. Durante la primera, la ciencia y la tecnología se desarrollan en forma casi separada.<sup>184</sup> En la segunda etapa, cuyo inicio se puede situar en los Estados Unidos en la década de los cuarenta del siglo pasado, tiene lugar una creciente interacción entre las actividades de la investigación científica y las de generación de innovaciones. Así, a partir de la experiencia norteamericana, muchos sistemas nacionales de ciencia y tecnología lograron establecer, a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, una acción combinada de manera sistemática de la actividad científica y de las tareas de creación tecnológica. Esta combinación se ha ido expandiendo e intensificando con creciente rapidez a lo largo de todo el mundo. En esta etapa, el desarrollo científico y tecnológico se caracteriza, no solo porque se mantiene una intensa relación entre ambos, sino porque hay una constante retroalimentación entre ellos.

184 .Esto no implica que durante el larguísimo periodo que aquí hemos denominado primera etapa, no hubiera fructíferas relaciones entre la ciencia y la tecnología. Así, por ejemplo, Simon Kuznetz señala que la generación del proceso de crecimiento económico moderno estuvo apoyado en el desarrollo de la ciencia. El mismo señalamiento es hecho por el historiador económico David Landes. No obstante, la interacción entre ciencia y tecnología durante los siglos XVIII y XIX, aun si fue intensa, fue relativamente casual. El científico no tenía entre sus objetivos descubrir algo que pudiera tener utilidad económica, sino que se preocupaba más por avanzar el mejor entendimiento del mundo natural.

Tanto los gobiernos como las empresas comienzan a erogar recursos cada vez más cuantiosos para concretar desarrollos científicos y tecnológicos. Con base en la explotación de las innovaciones logradas por estos desarrollos, las empresas de los países involucrados obtienen importantes ventajas competitivas en el mercado mundial. A su vez, en razón de las utilidades asociadas a la explotación de estas ventajas, las empresas pueden reinvertir recursos a la actividad científica a fin de generar nuevas capacidades para la competencia internacional.

Es así que los países avanzados han podido aumentar sustancialmente los recursos que destinan al desarrollo científico y tecnológico de sus sistemas nacionales de innovación. Este aumento de recursos se ha logrado no únicamente con base en el apoyo público, sino también por el apoyo del sector privado. Dicho gasto va aumentando en forma paulatina, desde el 0.5% del PIB o menos, que destinan los gobiernos en las etapas iniciales al desarrollo científico y tecnológico, llegando en el caso de los países más desarrollados hasta el 2.5%, o más. Al final del proceso, los gobiernos de los países en los que hay un alto compromiso con el desarrollo tecnológico, logran dirigir el 1% del PIB al apoyo del desarrollo científico, y el resto de la sociedad, y más particularmente el sector productivo, llega a aportar más del 1.5% del PIB para estimular diversas actividades del sistema de innovación, lográndose así un esfuerzo combinado de más del 2.5% en materia de desarrollo científico y tecnológico.

El cuadro 26 muestra una comparación internacional de la participación del Gasto Interno en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE) como proporción del PIB. Como se observa, el valor de 0.4 para México es bajo aun para estándares internacionales. De la lista de países incluida en la tabla, México ocupa el lugar menos favorecido sólo ligeramente por arriba de Argentina. Dicho valor se encuentra aún por debajo del promedio latinoamericano de 0.64 y muy lejos del promedio de la OCDE de más del 2%.

Cuadro 26  
GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EXPERIMENTAL  
EN PAÍSES SELECCIONADOS, 2002

| <i>País</i>                   | <i>Porcentaje del PIB</i> |
|-------------------------------|---------------------------|
| Argentina                     | 0.39                      |
| México                        | 0.40                      |
| Chile                         | 0.60                      |
| Cuba                          | 0.62                      |
| India (2001)                  | 0.84                      |
| España                        | 1.03                      |
| China                         | 1.23                      |
| Brasil (2000)                 | 1.04                      |
| Canadá                        | 1.91                      |
| Alemania                      | 2.52                      |
| Corea                         | 2.91                      |
| Estados Unidos                | 2.67                      |
| Japón                         | 3.12                      |
| Finlandia                     | 3.46                      |
| Suecia                        | 4.27                      |
| Promedio OCDE                 | 2.26                      |
| Promedio Unión Europea (2000) | 1.93                      |
| Promedio Latinoamérica        | 0.64                      |

*Fuente:* CONACYT (2004).

En México, el sistema nacional de innovación (como ya se discutió en la apartado III) aún no ha entrado en forma plena en la etapa de interacción sistémica entre empresas y medios científicos. Así, por un lado, la actividad científica, desde la década de los treinta ha ido creciendo, gracias básicamente al apoyo público, combinado con el esfuerzo de muchos científicos mexicanos. Gracias a lo anterior, en la actualidad:

- 1) El país cuenta ya con un aparato científico capaz de producir ciencia de calidad mundial en varias ramas del conocimiento.
- 2) Los científicos mexicanos han venido produciendo un número creciente de artículos de alta calidad publicados en las mejores re-

vistas científicas nacionales e internacionales; mientras que en 1992 había 2,015 publicaciones de investigadores mexicanos en el ISI (*Institute for Scientific Information*), en 2003 esta cifra fue de 5,783. Durante el mismo periodo, la participación de la producción mexicana en el total mundial aumentó de 0.33 al 0.72% (CONACYT, 2004).

- 3) Los miembros del Sistema Nacional de Investigadores van en aumento; mientras que en 1992 el sistema contaba con 6,602 investigadores, para 2003 el número de miembros se había incrementado a 10,189.<sup>185</sup>

Por otra parte, conviene notar que si bien el sistema científico ha mostrado una capacidad de *reproducción*, en el presente es observable una cierta tendencia al envejecimiento del mundo científico mexicano, así como una mayor dificultad para incorporar a jóvenes doctores con alta competencia. Por último, a pesar de su alta calificación, el aparato científico no participa en forma intensa en los procesos de generación de inventos, patentes y menos todavía en la introducción de innovaciones al mercado.

En contraste con la evolución del sistema científico, el sistema tecnológico, formado por los departamentos especializados de las empresas, consultorías, diversas escuelas de ingeniería, etcétera, no ha evolucionado en la dirección de una mayor capacidad de generación de nueva tecnología. Así, el número de patentes obtenidas por mexicanos (empresas o individuos) para proteger el uso de nuevas tecnologías crece con gran lentitud, y la interacción entre las empresas y las universidades y centros de investigación, hasta la fecha ha sido muy limitada. En forma concomitante, del lado de las universidades se observa: *a)* un nivel muy bajo de ingresos provenientes de aportaciones de las empresas para apoyar algún desarrollo tecnológico, *b)* una muy reducida actuación de las universidades, y/o de su personal científico en la producción de conocimiento que sea generador de utilidades para las empresas, o que redunde en algún servicio útil y *c)* un muy escaso número de patentes registradas por universidades y centros de investigación.

<sup>185</sup> El número de miembros del Sistema Nacional de Investigadores como medida del tamaño del sistema científico debe manejarse con cuidado, pues en ocasiones, sobre todo recientemente, parte del crecimiento del Sistema no se debe únicamente al aumento del personal con doctorado dedicado a la investigación, sino que también se han incluido a grupos que si bien realizan, en parte, trabajo científico, no son académicos ni están dedicados de tiempo completo a la investigación.

En las cifras globales, la anterior situación se refleja en una participación de las empresas privadas en el GIDE de solo el 30% para México. Como se registra en el cuadro 27, esta participación es muy inferior a la observada en otros países. Esta estructura de financiamiento revela el predominio del sector público, y se compara desfavorablemente con la estructura existente en países desarrollados, en donde la mayor parte del GIDE es financiado por las empresas. De los países incluidos en la tabla, México es el país en el que el gobierno contribuye con la mayor parte de la inversión. Además de una cultura tecnológica que reconoce la importancia de la innovación para apoyar la competitividad de las empresas, los altos porcentajes observados en países como Alemania, Estados Unidos o Suecia pueden explicarse por la existencia de mercados de capitales más desarrollados y de fuentes alternativas para el financiamiento de proyectos tecnológicos, tales como fondos de capital de riesgo (los cuales se encuentran en sus etapas iniciales de desarrollo en México).

Cuadro 27  
FUENTES DE FINANCIAMIENTO DEL GIDE  
EN PAÍSES SELECCIONADOS, 2003

| <i>País</i>        | <i>Gobierno</i> | <i>Industria</i> | <i>Otros</i> |
|--------------------|-----------------|------------------|--------------|
| Alemania           | 32.1            | 65.1             | 2.8          |
| Canadá             | 34.0            | 44.3             | 21.7         |
| Estados Unidos     | 31.2            | 63.1             | 5.7          |
| España (2002)      | 39.1            | 48.9             | 12.0         |
| Francia (2001)     | 36.9            | 54.2             | 8.9          |
| Italia (1999)      | 51.1            | 43.9             | 5.0          |
| Japón (2002)       | 18.2            | 73.9             | 7.9          |
| México (2001)      | 59.1            | 29.8             | 11.1         |
| Reino Unido (2002) | 26.9            | 46.7             | 26.4         |
| Suecia (2001)      | 21.0            | 71.9             | 7.1          |

*Fuente:* CONACYT (2004).

La categoría "Otros" corresponde a contribuciones de los sectores educación superior, instituciones privadas no lucrativas y del exterior.

Debe notarse que lo anterior no se debe a que las empresas mexicanas sean débiles y/o pequeñas. Ciertamente, empresas como Cemex, Telmex, Bimbo, Alfa y otras más, poseen un gran poder financiero. Sin embargo, aun así, este poder y la amplitud del mercado nacional que atienden estas empresas no se refleja de manera obvia en una generación de conocimiento apropiable que le prometa en forma visible, a esas empresas y al país, el logro de una mayor capacidad de competencia internacional.

En lo que se refiere al desarrollo del sistema mexicano de innovación, con algunas excepciones, el poder financiero de las grandes empresas mexicanas no se ha reflejado, en forma substancial, en una mayor demanda por las capacidades de investigación de las universidades, centros de investigación y/o consultorías mexicanas. Únicamente se conoce, de forma un tanto casual, que algunas de estas empresas recurren, en forma más o menos sistemática, a centros de investigación extranjeros; la ausencia de estadísticas al respecto nos impide determinar la magnitud de este fenómeno. Por otro lado, también es cierto que empresas más pequeñas, que presumiblemente tendrían una mayor necesidad de recurrir a las universidades para suplir sus necesidades de investigación, no lo hacen porque no realizan actividades innovadoras, ya que por lo general para renovar sus productos y/o procesos recurren a la compra (en paquete) de “nuevos” conocimientos o productos a empresas extranjeras

En vista de la experiencia internacional, es evidente que resulta fundamental que las empresas mexicanas mejoren su capacidad para generar productos y procesos innovadores. Sin embargo, si se desea realizar este proceso en forma efectiva, tendría que ocurrir no solo un cambio en las empresas, sino también una apertura muy significativa en las universidades que dispongan de los medios para participar en este proceso. Es precisamente la concurrencia de ambas condiciones la que llevará a la dinamización del sistema mexicano de innovación.

Se requieren, asimismo, cambios regulatorios para hacer posible la formación y operación de compañías de capital de riesgo (con el fin de facilitar el financiamiento de las denominadas *start-ups*), y en general la formación de nuevas empresas. También es importante que se reglamente y clarifique en las universidades la forma en que los científicos de su cuerpo docente y/o de investigación pueden registrar patentes, y la forma en que se repartirían los posibles beneficios de la venta o uso de patentes generadas por ellos.

Debe señalarse que las empresas mexicanas ya están erogando un gasto de magnitud nada despreciable en actividades de IyD. Más aún, este gasto, a partir del año 1993, ha ido aumentando con rapidez, de tal manera que si bien en 1993 representó solo el 14.3% del gasto federal en ciencia y tecnología (GFCyT), en 2003 fue equivalente al 34.7%. Además, también existe evidencia en el sentido de que en tiempos recientes las empresas han mostrado un mayor nivel de compromiso con su esfuerzo en IyD. La evidencia disponible sugiere la hipótesis de que las empresas que recientemente han comenzado a realizar gastos en IyD son empresas pequeñas y medianas que han iniciado operaciones de exportación. Podemos concluir entonces que, en los hechos, la apertura al comercio internacional comienza a generar una evolución de algunas empresas mexicanas (ciertamente no las de mayor tamaño) en la dirección de convertirse en empresas con capacidad para desarrollar productos nuevos, y para generar una ventaja comparativa dinámica.

## VII. CONCLUSIONES

Después del breve panorama presentado en este documento, podemos concluir que México enfrenta importantes retos si en realidad desea explotar el potencial que la ciencia y la tecnología presentan para contribuir decisivamente al desarrollo del país. Si bien se han implementado instrumentos de política en las principales áreas tendientes a lograr este objetivo (ambiente regulatorio propicio, estímulos a las empresas y fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica), las condiciones del entorno en el cual se aplican tales instrumentos deben mejorar radicalmente.

Debe quedar claro que el impacto que logren tener las actividades científicas y tecnológicas dependerá del entorno en el cual se realizan éstas. En la medida en que persista un sistema nacional de innovación desarticulado, una situación en el cual las fuentes para el financiamiento de proyectos de desarrollo tecnológico sean escasas, y un entorno cultural que no valore cabalmente la importancia de la ciencia y la tecnología para contribuir a la competitividad y a mejorar los niveles de vida, el impacto de la ciencia y la tecnología en el desarrollo del país seguirá siendo subexplotado.



La evidencia disponible apunta a la existencia de claros beneficios de los esfuerzos tecnológicos al estar éstos positivamente relacionados con el hecho de exportar y constituirse en un elemento clave para elevar la competitividad nacional e incentivar el crecimiento económico y la creación de empleos. Sin embargo, este resultado se ve matizado por el bajo nivel de capacidades tecnológicas persistentes en una gran mayoría de las empresas y la escasa colaboración de éstas con universidades y centros de investigación.

Ante esta situación, no resulta sorprendente el continuo declive de México en los *rankings* internacionales de competitividad, sobre todo en lo que se refiere a los aspectos tecnológicos. Estos resultados nos plantean importantes retos si en realidad el país desea constituir al sector científico y tecnológico en un motor del crecimiento económico. La existencia de universidades y centros de investigación de excelencia, la conformación de un ambiente regulatorio que minimiza los obstáculos al desarrollo productivo e innovador, la presencia de un número importante de empresas extranjeras que pueden constituirse en importantes fuentes de aprendizaje para sus contrapartes nacionales, y sobre todo la fortaleza de contar con capital humano educado y capacitado deben constituir los puntos de partida en esta tarea impostergable.