

# La ciencia y la tecnología como ejes de la competitividad de México

Legislando la agenda social





La ciencia y la tecnología  
como ejes de la  
competitividad de México

Colección Legislando la agenda social

*La ciencia y la tecnología como ejes  
de la competitividad de México*

Primera edición: julio de 2006

D.R. © Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública  
Cámara de Diputados / LIX Legislatura

Coordinación de la colección  
*Adriana Borjas Benavente*  
*Mónica Bucio Escobedo*

Cuidado de la edición  
*Alejandro López Morcillo*

Corrección de estilo  
*Fernando Cruz Benítez*

Diseño y formación  
*Alejandro López Morcillo*

ISBN: 968-9097-02-4

Av. Congreso de la Unión 66  
Edificio G, Piso 3,  
Col. El Parque, México, D.F.  
Tel. 5628-1300, exts. 4490 y 1896  
Correo electrónico: [cesop@congreso.gob.mx](mailto:cesop@congreso.gob.mx)

# Índice

Presentación	7
Ciclo <i>Legislando la agenda social</i>	9
Introducción	15
Ciencia, ¿para qué? <i>Miguel Rubio Godoy</i>	27
La formación científico-tecnológica y los jóvenes <i>Julieta Fierro</i>	39
Recuentos sobre la formación de un joven científico mexicano: coyunturas estructurales que atentan contra el desarrollo científico y tecnológico del país <i>Francisco Barona-Gómez</i>	51
Gran acuerdo nacional sobre ciencia y tecnología para fomentar la innovación, la competitividad y el desarrollo integral de México <i>Octavio Paredes López</i>	59
Hacia un acuerdo nacional para fomentar el desarrollo, la innovación y la competitividad de México con base en el conocimiento <i>José Luis Fernández Zayas</i>	67

La importancia de una política para la innovación <i>Carlos Bazdresch</i>	81
La infraestructura científica como determinante de la competitividad <i>Claudia N. González Brambila</i>	89
La innovación en México <i>Leonardo Ríos Guerrero</i>	101
Competitividad empresarial e innovación tecnológica <i>Sergio Ampudia Mello</i>	105
Vinculación academia-industria: una visión desde la biotecnología <i>Francisco Xavier Soberón Mainero</i>	109
Estrategias basadas en la ciencia y la tecnología para incrementar la competitividad en México <i>Rosalinda Contreras Theurel</i>	117
El impacto de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de México <i>David Romo Murillo</i>	127
Políticas públicas para la vinculación de la ciencia con la sociedad <i>René Drucker Colín</i>	195
La federación del fomento al desarrollo científico y tecnológico: hacia una agenda legislativa nacional <i>Miguel Odilón Chávez Lomelí</i>	203
Acerca de los Autores	217

# Presentación

Esta colección recoge las voces que desde distintas perspectivas se expresaron en el ciclo de foros *Legislando la agenda social*, organizado y convocado por el Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública de la Cámara de Diputados y celebrado con el respaldo de algunas comisiones de la LIX Legislatura.

Diputados y senadores, representantes del sector social, gubernamental y académico, convergieron y construyeron un diálogo sobre los temas sociales más relevantes, que configuran e inciden en la vida diaria de los mexicanos y, por tanto, son parte sustancial del quehacer legislativo.

En los diecisiete foros que implicó el ciclo *Legislando la agenda social*, las voces provenientes de diversos ámbitos manifestaron ideas y propuestas, expusieron balances y reflexiones, debatieron argumentos y apuntaron desafíos a enfrentar en torno a asuntos sociales, cuya importancia requiere tomar posición y asumir decisiones.

Dar espacio y resonancia a las palabras dichas por todas esas voces a través de esta colección, tiene el propósito de aportar al lector elementos que enriquezcan el conocimiento y análisis de aquellos temas, cuya importancia radica en el carácter e impacto social que revisten.

*Legislando la agenda social* tiene también el propósito de contribuir a profesionalizar y a optimizar el desempeño del Poder Legislativo, en la medida en que brinda a quienes lo integran sus propias reflexiones en relación con el trabajo que realizan y aquellas que desde otros espacios se pronuncian y construyen la agenda social de México.

## Ciclo *Legislando la agenda social*

Son –en verdad– amplios, importantes y ambiciosos los objetivos que con la realización del ciclo de foros *Legislando la agenda social* se pretenden alcanzar. Este es un esfuerzo de organización notable, que felicitamos.

A lo largo de casi dos meses y de los 17 encuentros programados –con instituciones académicas, sociales y gubernamentales– diputadas y diputados desarrollamos un exhaustivo ejercicio de análisis y consulta popular, sobre temas de la mayor relevancia para el país. Este ejercicio democrático es útil para construir una agenda legislativa de consenso, que pueda constituirse en plataforma para la transformación responsable de la normatividad de todas aquellas leyes que impactan en los temas sociales.

El asunto de la agenda social es de tal relieve que incide ampliamente en la estructura de todo Estado. Sólo a través de una eficiente política social puede preservarse la gobernabilidad y la paz interior de los países. Por ello, es imperativo tener una mayor capacidad para generar bienestar y para mejorar la calidad

de vida de las personas y de sus familias. No hacerlo conduciría al colapso social. Omitir la modernización de cada uno de los instrumentos que propician el desarrollo humano sería muy grave.

El concepto de *política social* comprende aspectos como la salud, la educación, la cultura, la seguridad social, el trabajo, la vivienda, la migración o la pobreza. En todos estos asuntos es claro que tenemos grandes rezagos y debilidades.

En México se aprecia, hoy, una concentración desigual del ingreso, insuficiencia de la infraestructura, y asimetrías —que son ya intolerables— entre regiones del país y grupos sociales. Estas deficiencias no deben seguirse combatiendo mediante políticas asistenciales o coyunturales, sino con un gran programa de desarrollo social que estimule el desarrollo personal y colectivo, propicie participación social en la planeación del desarrollo y facilite el acceso de la población en el diseño y la ejecución de los programas sociales.

Aunque debemos reconocer que algunos programas gubernamentales, como Oportunidades, Seguro Popular o créditos para la vivienda, han producido resultados positivos, también debe admitirse que éstos sólo han atemperado de manera mínima y parcial las serias carencias que padece la mayoría de la población. Éstos no han sido suficientes para detener el crecimiento de la marginación ni para cerrar la brecha existente entre ricos y pobres.

Debemos, entonces, acordar con las metas del milenio de Naciones Unidas, erradicar la pobreza extrema; lograr la enseñanza primaria universal; promover la igualdad entre géneros; reducir la mortalidad infantil; mejorar la salud de las mujeres; fomentar el diseño de políticas públicas que atiendan la problemática que padece gran

parte de la niñez; promover el deporte; mejorar las condiciones de acceso a bienes de consumo duradero y a la vivienda y estimular el ahorro y el acceso a un sistema de pensiones moderno; diseñar un programa de atención a migrantes, sus familias y sus comunidades, entre otras muchas acciones.

Requerimos, asimismo, fortalecer nuestro federalismo y alcanzar una auténtica equidad en la distribución de los recursos públicos hacia las entidades federativas con mayores necesidades y rezagos sociales. Es indispensable que la población de todos los estados de la república tenga acceso integral y cierto a los beneficios de la nutrición, de la educación, de la salud, de la vivienda digna, del salario remunerador; en suma, necesitamos muchas cosas para propiciar justicia social.

Requerimos de un nuevo marco de desarrollo, porque es claro que sin justicia social el país estará condenado al estancamiento y al conflicto permanente. De allí la necesidad de estructurar una agenda social viable y participativa. De allí la importancia de este ciclo organizado por nuestro Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, y de allí lo loable del interés de nuestros compañeros diputados por impulsarlo.

Luego de 17 foros, en los que participaron alrededor de 1 400 ciudadanos a título personal o como representantes de instituciones académicas, sociales y gubernamentales, las diputadas y los diputados contamos con una visión más amplia y con mejores herramientas para diseñar una agenda legislativa que de pie, en el futuro inmediato, a la transformación responsable de la normatividad que regula los grandes temas sociales de nuestro país.

Con acuciosidad y exhaustividad, han sido recogidas las opiniones y propuestas de los expertos y se ha

interactuado con los principales protagonistas de los sectores de la ciencia y tecnología, del deporte, de la salud, de la educación, de la seguridad social, del cooperativismo, del empleo, de la vivienda, del transporte, de la migración, de la seguridad nacional, que, entre otros, conforman los ámbitos de lo social, del desarrollo humano y del federalismo mexicanos.

Asimismo, se han evaluado –con la participación ciudadana abierta y plural– los avances, las insuficiencias y los desafíos de las políticas públicas orientadas a la atención de los fenómenos de la marginación, de la pobreza extrema, de la equidad de género, de la problemática de la juventud, del acceso a los sistemas de pensiones, de la gobernabilidad, de la reforma migratoria integral, entre otros temas.

Por eso, contamos ahora con mayor información al respecto y hemos reafirmado nuestra convicción de que debemos conformar una agenda social estructurada de manera incluyente, con visión de futuro y regida por ejes de acción en los cuales las premisas sean el combate a la exclusión y la marginación; la mejoría de la calidad de vida de jóvenes, niños, mujeres, ancianos e indígenas; así como el desarrollo equilibrado de todos los mexicanos.

En resumen, hemos confirmado nuestra convicción de que desde la actividad legislativa estamos comprometidos a impulsar la justicia social y el desarrollo regional, urbano y rural.

El ciclo *Legislando la agenda social* ha justificado su implementación, ha demostrado su importancia y ha dejado constancia de que su memoria y relatoría serán perdurables y útiles para la función legislativa. Con ello, el Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública cumple con sus funciones institucionales de in-

investigar y analizar los temas sociales y de apoyar la información que sobre el particular requerimos los integrantes de esta Cámara.

Diputado Heliodoro Díaz Escárraga  
Vicepresidente de la Mesa Directiva  
LIX Legislatura



# Introducción

El quehacer científico en México jamás ha estado desligado de otras manifestaciones de la cultura, la economía, la política, que como señala Elías Trabulse, “en un eco de juegos y reflejos nos permite comprender su alcance e importancia en el desarrollo de nuestro país”.<sup>1</sup> La ciencia, como asevera John Gribbin, ha fungido como la fuerza motora de la civilización occidental. Más aún, la ciencia, dice, es uno de los mayores logros de la humanidad, o como señala Isaac Asimov, en el mundo moderno nadie puede sentirse realmente en casa y juzgar la naturaleza de sus problemas –y sus posibles soluciones– a menos que tenga una noción de lo que es la ciencia.<sup>2</sup>

Así, la interrelación entre la ciencia y las actitudes que afianzan identidades y definen el rumbo de una sociedad es cada vez más fuerte, particularmente hoy

<sup>1</sup> Elías Trabulse, *Los orígenes de la ciencia moderna en México (1630-1680)*, Fondo de Cultura Económica, México, 1994.

<sup>2</sup> John Gribbin, *Science. A History 1543-2001*, Penguin Books, Londres, 2002.

en día en vista del lugar central que han adquirido la generación y el uso del conocimiento. En este contexto, se plantea la necesidad impostergable de fortalecer el desarrollo de la ciencia y la tecnología, y de generar las condiciones y la infraestructura idóneas para este quehacer. He ahí la importancia no sólo de políticas públicas que impulsen este desarrollo, sino también la participación de todos los actores y sectores de la sociedad en su conjunto.

En este sentido y con el propósito de reunir a miembros de la comunidad científica, funcionarios, representantes de la sociedad civil y legisladores para dialogar sobre los avances y los pendientes del desarrollo científico y tecnológico, se llevó a cabo el foro “La ciencia y la tecnología como ejes de la competitividad de México”. Muchos fueron los temas y diversos los puntos de vista vertidos en este diálogo, en el que destacó la competitividad como elemento central en las discusiones que aquí se dieron sobre las necesidades de desarrollo de nuestro país, y que se recopilan aquí.<sup>3</sup>

Miguel Rubio Godoy inaugura este volumen preguntándose sobre la utilidad y la importancia del quehacer científico. Contestar la pregunta y reiterar que la investigación científica es el motor de la innovación tecnológica y por tanto de la competitividad son los objetivos del artículo que nos presenta. Lanza la hipótesis de que la ciencia no sólo apuntala la competitividad de un país, sino además la sustentabilidad ecológica, económica y social. Señala la importancia de la volun-

<sup>3</sup> Esta publicación contiene las ponencias presentadas en el foro que, con el mismo nombre, se efectuó el 28 de febrero de 2006 dentro del ciclo Legislando la Agenda Social, convocado por el Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública (CESOP), con el respaldo de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la LIX Legislatura, y cuya organización estuvo a cargo de Víctor Hernández Pérez.

tad política para crear una comunidad científica vigorosa y saludable y para desarrollar las estructuras a partir de las cuales un descubrimiento científico se convierta en una innovación tecnológica. Si bien, nos dice el autor, comúnmente se reconoce el valor de la tecnología, no es así con el de la ciencia y la relación entre ambas, de ahí que considere que la ciencia es un gasto, no una inversión. Es por ello que destaca la existencia de dos puentes indispensables para mejorar la competitividad del país mediante la ciencia: la divulgación y la vinculación.

Julietta Fierro expone que desarrollar la ciencia requiere en principio una educación básica de calidad y amplia cobertura, no sólo con el fin de potenciar la creatividad científica y que la población aprecie la ciencia, sino que la haga suya. En este mismo sentido, señala, es necesario un programa nacional de divulgación de la ciencia que contribuya a que ésta se aprecie. Además de articular y actualizar el sistema escolar, la autora –quien goza de amplio reconocimiento como científica y en la divulgación de la ciencia– propone un sistema de educación continuo para mujeres que mejore sus habilidades e influya de manera positiva en el desarrollo intelectual y emocional de sus hijos. Asimismo, subraya la importancia de mitigar la fuga de cerebros repatriando y contratando jóvenes doctorados; fomentar grupos de jóvenes científicos que impulsen empresas innovadoras; fortalecer la investigación, la docencia y los programas entre las universidades y las industrias, así como seguir incentivando a estas últimas para que inviertan en investigación. Identificar las prioridades nacionales para el diseño de políticas científicas y privilegiar la inversión estratégica en áreas como energía, agua, salud, agronomía, están entre los

principales retos del desarrollo científico y tecnológico, ya que, para Julieta Fierro, las necesidades apremiantes subsistirán en México a menos que se encuentren vías sostenibles para nuestro desarrollo integral, y la ciencia, aclara, es una de ellas.

Francisco Barona-Gómez identifica lo que llama “coyunturas estructurales” del proceso de formación de científicos y tecnólogos que potencialmente atentan contra el desarrollo y la competitividad del país. La vocación profesionalizante de las universidades privadas que cada día absorben un mayor porcentaje de estudiantes a nivel superior y que se adapta a las demandas del mercado laboral por sobre cualquier otra consideración, desentona con la oferta de carreras típicamente fundadas en la investigación científica (química, física, biología, matemáticas e ingenierías). La preparación de cuadros profesionales de alto nivel cuya vocación está regida por el mercado laboral, drena los posibles recursos en materia de ciencia y tecnología. A esto se suman la concentración en pocas instituciones de los espacios para el desarrollo y el quehacer científico, la falta de oportunidades para jóvenes científicos y la escasez de plazas. Incentivar la vocación científica, consolidar instituciones con proyectos de investigación viables y gestar un nuevo proyecto de educación superior *único* con la ciencia y la tecnología como actor central, nos dice este autor, son parte del gran reto sobre igualdad de oportunidades, en un país en donde la desigualdad reina.

En coincidencia con otros autores, Octavio Paredes apunta los rezagos en educación, infraestructura y en innovación científica y tecnológica que limitan el desarrollo de nuestro país como una economía competitiva y moderna que le permita obtener los beneficios de la

globalización, ante lo que propone la creación de un gran acuerdo nacional para fomentar la innovación, la competitividad y el desarrollo integral de México. El gran acuerdo nacional ha de comprender las potencialidades nacionales en investigación y desarrollo tecnológico para responder a los grandes problemas nacionales, sin dejar de lado la presencia creciente de problemas de dimensión internacional. En el mismo sentido, José Luis Fernández Zayas contribuye a esta idea, inicialmente propuesta por la Academia Mexicana de Ciencias y expuesta por Octavio Paredes, de procurar un gran acuerdo nacional para fomentar el desarrollo, la innovación y la competitividad de México. Fernández Zayas subraya también el tema de la competitividad como estrategia y forma de trabajo nacional que permite crear valor.

Aunque los fondos públicos han crecido, describe Carlos Bazdresch, aún son muy escasos y la velocidad del cambio es lenta comparada con la de otros países. Señala, como lo hacen la mayoría de los autores en este volumen, que hoy el gasto en investigación y desarrollo experimental de sólo 0.4% del producto interno bruto (PIB) es insuficiente, por lo que persisten dificultades para el reclutamiento de jóvenes y para el crecimiento del sistema científico. Por ello es necesario desarrollar una política que haga rentable la innovación y lleve a las empresas a solicitar el apoyo de los científicos. La experiencia mundial, nos dice el autor, registra aumento de los fondos públicos y privados para la investigación cuando van dirigidos a lograr alguna innovación. En el centro de una política de apoyo a la innovación, sugiere, deben impulsarse cuatro elementos: impacto de las publicaciones de los científicos mexicanos; las conexiones de su trabajo con di-

versos sectores; el equipamiento de la ciencia; y los resultados de la investigación aplicada en términos de tecnologías exitosas y útiles.

Claudia González Brambila expone las razones por las cuales se debe invertir en ciencia y tecnología. Presenta y analiza indicadores internacionales para medir la competitividad a escala de países y la eficiencia del gasto en investigación y desarrollo y se analiza el panorama en México en comparación con otros países y propone impulsar el desarrollo de la capacidad innovadora a través de recursos y políticas de apoyo. Como en otros trabajos, González Brambila también hace énfasis en el descenso de posición de México en la tabla de competitividad del IMD, en la que –entre 60 países– nuestro país ocupaba el lugar 36 en 2001 y se deslizó al 56 en 2005.

González Brambila coincide con quienes opinan que la inversión en ciencia y tecnología no garantiza la competitividad, sin embargo es condición mínima para avanzar. En este sentido, comenta también la insuficiencia y el bajo nivel de inversión de nuestro país en este rubro –incluso en comparación con países de similar desarrollo–, y que mayoritariamente proviene del sector público, ya que la participación de la industria privada en México es muy pequeña. La autora sugiere que la asignación presupuestal no sólo debe incrementarse, sino atender aspectos prioritarios como los recursos humanos, físicos y financieros para la innovación, la acumulación de conocimiento básico de innovaciones y tecnológico, y el desarrollo de políticas de apoyo a la innovación, principalmente a través de programas de subsidio, apoyo e incentivos fiscales, financiamiento de la educación superior y protección de la propiedad intelectual.

Leonardo Ríos Guerrero y Sergio Ampudia Mello, cada uno por su parte, subrayan el papel de la industria y la iniciativa privada en general en el desarrollo de la ciencia y la tecnología o la investigación y el desarrollo tecnológico. El primero comenta que la creación de nueva ciencia es fundamental, pero también su comercialización, esto es, la innovación. Para este autor, hacer negocio con descubrimientos científicos enfocados a resolver problemas nacionales, regionales y locales contribuirá a la competitividad y al bienestar social. Por lo tanto, y en vista de las bajas inversiones en el área, seleccionar áreas prioritarias es esencial y esta selección, opina, debe ligar la inversión al impacto económico potencial, ya sea en el PIB del país o en el PIB regional.

En el mismo sentido, Ampudia Mello plantea que estamos en la coyuntura de reorientar el patrón de producción tecnológica del país, a efecto de incluir la demanda industrial como variable hegemónica en la formulación de las políticas públicas y en el despliegue de programas institucionales de tecnología, a efecto de que el conocimiento tecnológico y sus desarrollos se adapten a las condiciones reales de la planta productiva nacional. La política tecnológica del Estado, sostiene, debería proponerse crear las condiciones para que la demanda de la industria sea la que oriente el desarrollo. Ambos autores destacan el crecimiento de la inversión privada en las actividades de investigación, sin embargo, como lo describe David Romo, en la estructura de financiamiento de la ciencia y la tecnología de nuestro país sigue predominando el sector público, a diferencia de aquella existente en países desarrollados en donde la mayor parte de la inversión proviene de las empresas.

Francisco Soberón resalta la experiencia del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en la vinculación del desarrollo tecnológico, las transferencias de tecnología y los servicios a las empresas. Subraya también la importancia de las interfases entre los científicos y los empresarios y la necesidad de que los gobiernos en sus distintos niveles y en los diferentes poderes fomenten y faciliten las relaciones entre la academia y la industria. Soberón pone énfasis en que las políticas en esta dirección pueden instaurarse en cualquier momento, más allá de los tiempos políticos y presupuestales, ya que para comenzar basta con hacer funcionar la ley vigente y sus instrumentos.

Por su parte, Rosalinda Contreras no ahonda en la reflexión sobre la política de ciencia y tecnología, su intención –como ella misma advierte desde un principio– es presentar un panorama optimista a partir de lo que ya se ha hecho y de lo que se hace en México, particularmente en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional. Para la autora y directora de este centro los ejes de las estrategias de competitividad son, entre otros, educación de calidad, regionalización del trabajo científico, mejoramiento de la infraestructura científica y el impulso a los proyectos de desarrollo nacional. El trabajo del Cinvestav sigue estos ejes a través de la formación de los mejores cuadros en ciencia y tecnología y el desarrollo de investigación básica y aplicada en distintas regiones del país. Contreras insiste en la importancia de la investigación-innovación, y en este sentido presenta un panorama del Cinvestav y su influencia en la innovación industrial.

En un texto que si bien rebasa el promedio de extensión empero en correspondencia a la riqueza del análisis, David Romo explora “en qué 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”. El autor considera la estructura y el funcionamiento del denominado sistema nacional de innovación mexicano para ver qué tanto coadyuvan a mejorar el desempeño económico y los niveles de vida de la población, Romo se centra en los 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. Para explorar el impacto de las actividades científicas y tecnológicas en el desarrollo del país, el autor contempla cuatro elementos fundamentales: institucional, regulatorio, financiero y cultural.

A partir de la revisión de la literatura sobre el tema, Romo concluye que no será posible aumentar la competitividad del país ni de sus empresas si no se considera el papel fundamental de la ciencia y la tecnología. Asimismo, sugiere que en la medida en que exista un Sistema Nacional de Innovación desarticulado, escasas fuentes de financiamiento del desarrollo tecnológico y un entorno cultural que no valore la importancia de la ciencia y la tecnología, el potencial del país seguirá “subexplotado”.

Para René Drucker, en materia de ciencia y tecnología habría que comenzar por pasar de una política de gobierno a una política de Estado. Existe, nos dice, una urgente necesidad de ampliar la capacidad científica del país, para lo cual es necesario regionalizar la investigación, incrementar las plazas y los centros de investi-

gación fuera de las grandes zonas metropolitanas y fortalecer a las universidades públicas. Para fines de transferencia tecnológica, este autor sugiere una política pública en la cual el gobierno y el sector productivo pudieran compartir riesgos económicos para impulsar las actividades tecnológicas de las empresas. Drucker opina que los incentivos fiscales destinados por la Ley de Ciencia y Tecnología para fomentar la capacidad de innovación de las empresas no funcionaron porque no estuvieron bien vigilados, aunque reconoce que el instrumento legal es bueno, si bien es necesario un control más cuidadoso. El investigador emérito y coordinador de Investigación Científica de la UNAM, pone especial énfasis en la importancia de aprovechar a los jóvenes científicos y generar las condiciones para incorporarlos al sistema científico del país, así como en la necesidad de establecer un pacto nacional para alcanzar, en los próximos años, un incremento en la inversión en ciencia y tecnología de 0.1 del PIB año con año hasta llegar al 0.1%.

Partiendo del marco de las políticas de descentralización, que han adquirido un papel cada vez más importante en América Latina desde la década de 1980, y de la idea de que la capacidad de generación de conocimiento de una sociedad se ha convertido en reflejo y motor de su desarrollo y en reflejo de las fortalezas y debilidades de la vida nacional en su conjunto, Miguel Chavez Lomelí analiza el desarrollo de las políticas de ciencia y tecnología de nuestro país. Subraya el obstáculo que las asimetrías constituyen para el desarrollo, asimetrías evidentes e incluso extremas para el caso del desarrollo científico y tecnológico, particularmente en términos de la centralización de las actividades de investigación en el centro del país. El autor señala

como imperativo la federación de la vida nacional en materia de fomento a la generación y uso del conocimiento, parte de la tesis básica del fortalecimiento de la ciencia y la tecnología o, como describe con mayor precisión, el desarrollo humano y económico con base en la generación del conocimiento, desde lo local. Para ello, es indispensable el desarrollo de políticas diferenciadas para la formación de recursos humanos, la creación de infraestructura, el financiamiento y la fijación de prioridades que combatan las asimetrías de las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación entre regiones y localidades.

Chávez apunta la necesidad de un esfuerzo articulado entre los diversos órdenes de gobierno y sectores de la sociedad a través de acuerdos construidos sobre la base de una lógica federalista en la que la construcción de lo nacional derive de los aportes y de la integración consensuada y participativa de todas las partes. Al exponer la posición de la Red Nacional de Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología (Rednacecyt), insiste en la necesidad de trascender la visión sectorial de la política en ciencia y tecnología, para que ésta pueda ser una verdadera política de Estado en tanto que la federalización de la ciencia y la tecnología es condición indispensable para desatar círculos virtuosos entre la generación de conocimiento y el bienestar.

Así, *La ciencia y la tecnología como ejes de la competitividad de México* presenta un diálogo abierto y propositivo sobre uno de los temas fundamentales para el desarrollo de nuestro país. Los diversos análisis parten del conocimiento y la experiencia desde distintos espacios, pues quienes aportan sus ideas en este volumen conocen desde dentro el quehacer científico, su relación con la industria y el diseño de políticas. De

esta manera sus propuestas aportan sin duda ideas fundamentales para el impulso de una de las actividades de mayor importancia en el México de hoy y sobre todo en su porvenir.

# Ciencia, ¿para qué?

*Miguel Rubio Godoy*

Más de un compatriota se habrá hecho esta pregunta, particularmente cuando ocasionalmente se entera del quehacer de los científicos mexicanos: ¿de qué sirve estudiar las estrellas, los electrones, los ecosistemas, las plantas, los peces? En estas líneas pretendo contestar a la pregunta del “para qué” de la ciencia; y reiterar que la investigación científica es el motor de la innovación tecnológica y por lo tanto está íntimamente ligada a la competitividad del país. Ambas, innovación tecnológica y competitividad, son manifestaciones de una tradición científica que se renueva constantemente y es capaz no sólo de adaptarse al cambio, sino que puede generarlo: se trata de un sistema sustentable, como la vida misma. Quisiera también plantear la hipótesis de que la ciencia no únicamente apuntala la competitividad de un país, sino además la sustentabilidad ecológica, económica y social —únicamente es competitiva a mediano y largo plazo una nación que apuesta por la consecución y la continuidad de estos aspectos fundamentales—. Para ello, es indispensable que el país

cobre conciencia de la relación existente entre ciencia, tecnología, desarrollo, competitividad y bienestar; me refiero al país en su conjunto: gente común y corriente en plazas y mercados, estudiantes, amas de casa, campesinos y pescadores, industriales, políticos de los poderes Ejecutivo y Legislativo, autoridades federales, estatales y municipales. Me refiero al país en su conjunto pues la creación y el sostenimiento de una comunidad científica sólida capaz de generar tecnología y mantener la competitividad de manera constante es una decisión de política nacional: implica la valoración de la ciencia como motor del desarrollo del país y la decisión de invertir en ella de manera sostenida; requiere eliminar la generalizada impresión de que es necesario apoyar a la ciencia casi por caridad o por cumplir con recomendaciones de organismos internacionales, y sustituirla por la convicción de que una ciencia nacional vigorosa apoyará el crecimiento de la industria; presupone la comprensión de que no todos los rendimientos de las inversiones se miden con variables económicas ni se recuperan en un santiamén.

La tecnología es la hija práctica de la ciencia; sin ciencia no hay tecnología, y sin tecnología no hay competitividad. Comúnmente se opina que hay dos tipos de ciencia, la *básica* y la *aplicada*, siendo la segunda aquella vertiente del quehacer científico encaminada a la resolución de problemas prácticos, aterrizados, inmediatos. Sin embargo, parafraseando a Louis Pasteur, se podría argumentar que no hay ciencia básica ni ciencia aplicada, únicamente aplicaciones de la ciencia: primero hay que generar conocimiento y únicamente después de creado se puede utilizar. La aplicación del conocimiento generado mediante el método científico para resolver problemas u optimizar

procesos particulares en la industria y otras ramas es lo que conocemos como *tecnología*. En México no somos ajenos a las ventajas de la tecnología para incrementar la productividad y por ende la competitividad; pero históricamente se ha optado por un modelo de crecimiento basado en el bajo costo de la mano de obra, la disponibilidad y comercialización de materias primas y la utilización de tecnología importada. Por ello la competitividad del país depende en buena medida de factores externos: el costo de la tecnología importada, el tipo de cambio del peso ante divisas extranjeras, los precios internacionales de las materias primas, etc. Dada esta ecuación, la utilización de tecnología generada en México sería decisiva para mejorar el desempeño y la competitividad del país, mediante la reducción de la dependencia económica y tecnológica del extranjero, la aplicación de la tecnología para mejorar procesos y productos, y la paulatina conversión del país de exportador de materias primas a proveedor de tecnología y productos con valor agregado.

Pero aunque se reconozca la valía de la tecnología, no hay una conciencia clara de la relación que guarda con la ciencia. Este desconocimiento puede simplemente deberse a ignorancia pues, para fines prácticos, una proporción de la población es analfabeta científica; no intento refugiarme en mi torre de marfil y desde ahí predicar: me refiero al hecho demostrable de que muchos compatriotas no únicamente desconocen los detalles y la relevancia de la actividad científica en sus diferentes manifestaciones, sino que desconocen sus potencialidades: no saben cómo aplicar la ciencia en su vida cotidiana, ni qué se puede hacer con ella. Las más recientes cifras sobre educación compiladas por la Organización para el Crecimiento y el Desarrollo

llo Económico (OCDE)<sup>1</sup> indican que los estudiantes de secundaria en México ocupan el lugar 34 de 41 países evaluados en la capacidad de comprensión de lectura y ciencias, y 35 en matemáticas. La evaluación de la capacidad para comprender la ciencia tomó en cuenta 1) conceptos científicos; 2) procesos científicos; y 3) la situación y área de aplicación de la ciencia. En particular, se evaluó la capacidad de los educandos para identificar la utilidad de la ciencia en la vida cotidiana; y la conciencia de la implicación de los adelantos científicos y tecnológicos en la resolución de problemas médicos, económicos y medioambientales. Este estudio demuestra que nuestros estudiantes tienen una pobre capacidad para relacionar, aplicar y elaborar conclusiones científicas; en pocas palabras, demuestra que son analfabetas científicos –la falta de habilidades lingüísticas y matemáticas también es alarmante: es indispensable mejorar la educación de los mexicanos–. Me atrevería a sostener que el desconocimiento del valor y las potencialidades de la ciencia no se limita a los estudiantes de secundaria en México; también abarca a muchos compatriotas, incluyendo algunos tomadores de decisiones políticas, económicas e industriales. Un reciente estudio de Marcelino Cerejido y Laura Reinking<sup>2</sup> llegó a la misma conclusión. Quizás de ahí la extendida idea de que la ciencia es un gasto, no una inversión.

Esto nos lleva al segundo problema que enfrenta la ciencia en México: la escasez e intermitencia de fon-

<sup>1</sup> OCDE, *Literacy Skills for the World of Tomorrow-Further Results*, PISA, 2000, Organización para el Crecimiento y el Desarrollo Económico, París, 2003.

<sup>2</sup> Marcelino Cerejido y Laura Reinking, *People without Science*, Vantage, Nueva York, 2005.

dos. De las fuentes tradicionales de apoyo para la investigación científica, la industria, el gobierno y las fundaciones privadas, las primeras dos no han invertido consistentemente en la creación de una comunidad científica nacional. La industria nacional las más de las veces gasta en patentes extranjeras y poco o nada invierte en capacitación e investigación nacional; por descontado, la industria extranjera en general se dedica a hacer la investigación mínima necesaria para poder vender sus productos en el país, estos últimos producidos con tecnología importada. Hay poquísimas o nulas consultas de industriales a centros de investigación para resolver problemas o mejorar procesos particulares; en contraparte, también hay poco éxito de los esfuerzos de vinculación de la academia con la industria. Se podría resumir la actitud imperante en la mayoría de los industriales como poco aventurera en cuanto a inversiones (cuando menos en investigación), y centrada en la obtención de réditos casi inmediatos. Esto es parcialmente comprensible considerando que el proceso de investigación y desarrollo de productos hasta poder ser comercializados es sumamente caro y riesgoso. El gobierno adolece de algunos de los vicios que he citado, y también tiene algunos propios: quizás el central sea la falta de voluntad política de crear una comunidad científica vigorosa y viable. Si bien es cierto que desde hace décadas el Estado mexicano ha apoyado la formación de recursos humanos y la investigación científica, el apoyo no siempre ha sido sostenido ni estratégico: es difícil que los científicos recién formados encuentren plazas de trabajo, y la investigación científica está sujeta a los vaivenes políticos. Si se pretende que la ciencia nacional crezca de manera orgánica, al igual que un organismo, requiere de alimentación

—para simplemente permanecer en el estado en que se encuentra, requiere un mínimo de inversión y que el número de nuevos científicos sea equiparable al de aquellos que se retiran—; huelga decir que para crecer es necesaria una mayor inversión financiera destinada no sólo a proyectos de investigación, sino también a la formación de más recursos humanos y a la creación de plazas de trabajo e infraestructura para cuando terminen su formación. Se trata de una apuesta a largo plazo, no limitada a programas sexenales o incluso de menor duración. Y el comportamiento del gobierno en cuanto al apoyo a la ciencia ha sido poco conducente a su desarrollo durante ya varios años: los fondos han sido intermitentes pues los programas gubernamentales a veces se operan pero a veces no (por ejemplo, programas de repatriación y de contratación de investigadores post-doctorales); los fondos llegan con mucho retraso debido en buena medida a un proceso burocrático lento y que además merma el caudal de los fondos mismos; y finalmente, la cantidad destinada a la ciencia no sólo no ha mantenido sus niveles históricos, sino que incluso ha disminuido en años recientes. En este ambiente falto de continuidad y escaso de apoyo es donde laboran los cerca de 10 mil científicos con que cuenta el país: la cifra corresponde a los miembros del Sistema Nacional de Investigadores, e incluye a candidatos e investigadores en todas las disciplinas de ciencias exactas y sociales. Pensar que hay 10 mil investigadores para apoyar el crecimiento y la competitividad de un país de 103 millones de habitantes es ilustrativo: se ha realizado cierto esfuerzo institucional para crear una comunidad científica, pero falta mucho más y es cosa de decisión política de largo aliento y generosa amplitud.

Un tercer problema de la ciencia en México consiste en que las estructuras necesarias para lograr que un descubrimiento científico se convierta en una innovación tecnológica están desvinculadas: el país cuenta con un archipiélago de entidades de mayor o menor tamaño cuyos esfuerzos aislados no tienen la repercusión que podrían de estar coordinados. Me refiero a las distintas instituciones de educación superior y centros de investigación, a la industria y a las dependencias gubernamentales –todos son celosos de su trabajo y la idea de las colaboraciones multidisciplinarias involucrando diversas instituciones es casi siempre exactamente eso: una idea.

Ante esta perspectiva y como científico activo en México, reconozco que el panorama actual es un reto que gustoso acepto –pero aclaro que sí me gustaría emprender mi labor con más apoyo–; creo que mi actitud reflejaría la de la mayoría de los científicos del país. Y acoto que no pido por pedir, pues estoy convencido de que la labor científica es valiosa y rinde frutos en distintas ramas; de ahí la necesidad (¡la obligación!) que tenemos los científicos de pontificar –pero en el sentido primigenio, semántico de la palabra–. *Pontífice* es aquel que tiende puentes: los científicos aparte de continuar nuestra labor investigativa tenemos la obligación de establecer puentes entre nuestro quehacer y la sociedad. Existen por lo menos dos puentes indispensables para mejorar la competitividad del país mediante la ciencia: la divulgación y la vinculación. La divulgación idealmente implica no sólo explicar en qué consiste nuestro trabajo o la ciencia, sino, sobre todo, en asociarla a la vida diaria de las personas –en lograr que la sociedad comprenda cómo la ciencia puede incidir sobre problemas cotidianos: dejar claro

que las tecnologías de hoy fueron los descubrimientos científicos de ayer—. Es fundamental que los científicos expongamos y ofertemos a la sociedad en su conjunto los beneficios probables y probados de nuestro trabajo. El segundo puente esencial consiste en lograr la vinculación entre las distintas entidades que pueden convertir el descubrimiento científico en tecnología y competitividad: tenemos que interactuar más estrecha y generosamente con nuestros colegas dentro y fuera de nuestras instituciones, y con las agencias gubernamentales y privadas ya existentes para apoyar el esfuerzo. No sólo se comprobará que la unión hace la fuerza, sino que se optimizará notablemente el uso de los aún escasos fondos destinados a la investigación y el desarrollo.

No por vanagloria, sino por conocimiento de causa, me gustaría pontificar un poco usando como ejemplo mi propio trabajo y sus potenciales alcances —científicos, económicos, sociales y medioambientales—. Soy parasitólogo y estudio la biología básica de los gusanos que infectan a los peces. Esta confesión podría generar la pregunta con la que inicié mi ponencia: ¿para qué estudiar los parásitos de los peces? Determinar qué parásitos ocurren en los peces de agua dulce que estudio en las montañas de Veracruz me permite establecer si los peces que los albergan evolucionaron en América del Sur o del Norte; inferir el estado de conservación y la complejidad de las cadenas alimenticias de los cuerpos de agua donde obtuve las muestras; y también conocer la biodiversidad del país, pues aunque tengan mala fama, los parásitos son parte integral de los ecosistemas. La generación de este conocimiento constituiría una aportación a la “ciencia básica” y es acorde con las metas y objetivos del Instituto de

Ecología, A.C., a saber, contribuir al conocimiento, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad.

Saber qué bichos tienen los peces de río además me permite prever con qué se pueden infectar los peces de granja; y conociendo el peligro, se pueden prevenir y tratar infecciones, reduciendo la mortalidad y mejorando la productividad de las piscifactorías. En Veracruz hay muchas granjas acuícolas, tanto de agua fría en la montaña como de caliente en la planicie costera. Me interesan en particular las truchas, cultivadas en buena parte de la vertiente oriental de la Sierra Madre, en granjas comerciales que surten a los restaurantes de las ciudades; y en pequeñas factorías rurales pensadas como fuente de ingreso y alimentación en zonas marginadas. Ambos tipos de granja se dedican a engordar truchas juveniles o alevines, que compran de otras entidades, a veces tan alejadas como el Estado de México. Pero el origen de las truchas en realidad es más distante aún: en México importamos hueva –y como si nos hiciera falta!–. Los esfuerzos pioneros por producir hueva de trucha y otros peces en el país también han sucumbido a la falta de continuidad –y visión!–. Así, hoy pagamos por obtener hueva extranjera en vez de crear cepas nacionales de peces; que no sólo serían más saludables para la economía nacional, sino más saludables a secas: es probable que los peces mexicanos sean más efectivos que los importados para lidiar con los parásitos mexicanos, y por lo tanto enfermen menos y crezcan mejor. En Veracruz hay esfuerzos pioneros surgidos de las comunidades mismas para producir truchas a partir de hueva: por ejemplo, un grupo de ejidatarios de Xico se acercó hace cuatro años a la Universidad Veracruzana para buscar asesoría de cómo hacer una incubadora y la temporada pa-

sada lograron producir y vender 100 mil alevines 100% veracruzanos. Sería deseable que este esfuerzo continuara su exitosa trayectoria, y se replicara en otras comunidades de montaña: la producción y venta de peces les ha permitido a los campesinos mejorar un poco su situación económica y su nutrición, y limita en cierta medida su necesidad de trabajar como jornaleros para subsistir, arraigándolos en la comunidad, lo cual constituye un beneficio social evidente. Aparte de estos beneficios directos, me gustaría pensar que la mejoría económica se puede traducir en una mejoría medioambiental. Para empezar, la disponibilidad de opciones productivas reduciría el impacto del pastoreo y del desmonte para sembrar, así como la tala del bosque para la obtención de madera. Además, al ser la acuicultura una fuente de riqueza que depende directamente de la calidad del agua, la comunidad probablemente empezaría a preocuparse por cuidar la cuenca que nutre la granja; inicialmente por interés económico, ojalá después por convencimiento. La salud de una cuenca depende en buena medida del bosque que contiene; y una cuenca sana proporciona muchos servicios ambientales, como producción de agua, regulación del clima, regeneración del suelo y protección de la ciudadanía contra las inundaciones —el hecho de que las furias del dios Tajín, deidad totonaca del rayo, haya resultado en tanta destrucción el año pasado es un aviso de la poca salud de nuestras cuencas—. Y estoy convencido de que la ciencia puede ayudar a convertir en realidad este tipo de proyectos, a revertir los daños que hemos infligido al entorno, y en el proceso, mejorar la calidad de vida de los mexicanos y la competitividad del país. Para eso sirve estudiar los parásitos de los peces; los insectos de los ríos; los árboles de

los bosques; los efectos de la tala y el pastoreo; en fin, la ciencia. El estudio sistemático y objetivo de los fenómenos naturales permite conocerlos y manipularlos de manera sustentable; permite la aplicación de tecnología para optimizar la utilización de nuestros recursos, y para mejorar nuestra competitividad. Para terminar con mi ejemplo: la ciencia sirve para producir un superávit de peces saludables, que se pueden procesar para venderlos como productos con valor agregado (en vez de vender a 45 pesos el kilo de trucha fresca en Coatepec, Veracruz, se pueden vender en lo mismo 250 gramos de trucha preparada en el Palacio de Hierro); la ciencia permite calcular cuánta madera se puede obtener de un bosque de manera sustentable y sin que pierda su capacidad de prestar servicios ambientales; la ciencia puede mejorar la productividad y competitividad del quehacer forestal, la agricultura, la actividad pecuaria; y por descontado de la industria. La cosa es querer...

Los ejemplos de la ventaja competitiva que confiere la generación y la aplicación de la ciencia son antiguos o no tanto: por un lado, ahí están los países industrializados, que desde hace por lo menos dos siglos invierten de manera consistente en la ciencia. El ejemplo más reciente son las economías emergentes de Asia, con quienes hace dos o tres décadas competíamos más o menos en igualdad de circunstancias. Hoy sus tasas de crecimiento económico e índices de competitividad sobrepasan por mucho los nuestros; también sus índices de educación y comprensión de la ciencia, y su inversión en investigación e infraestructura científicos. De ahí la importancia de la divulgación de la ciencia a todos niveles; es necesario que los mexicanos pensemos en la ciencia como una inver-

sión, no como un gasto. Todos, ciudadanos, científicos, industriales y políticos debemos apostar por la educación y la ciencia como motores de la competitividad; como beneficio adicional a nuestra apuesta, podemos lograr un país sustentable social, económica y ecológicamente.

# La formación científico-tecnológica y los jóvenes

*Julieta Fierro*

## Introducción

La ciencia es un motor para el desarrollo de los pueblos. No sólo satisface nuestra curiosidad sobre la naturaleza sino que favorece la creación de tecnología.

México tiene graves problemas, uno de los que más lastima es el de la pobreza. Es comprensible que se destine parte del erario en programas sociales para cubrir las necesidades apremiantes de la población. Sin embargo estos subsistirán a menos que se encuentren vías sostenibles para nuestro desarrollo integral. La ciencia es una de estas vías. Ésta requiere de tecnología que se puede aprovechar por la industria para generar empleos y riqueza.

Hemos descuidado el contrato social. Cuando los seres humanos se asociaron tenían como propósito protegerse y obtener recursos; a cambio de seguridad y alimentación estuvieron dispuestos a trabajar por la comunidad. Las comunidades dejaron tiempo libre a los creadores, éstos pudieron desarrollar su potencial y

adquirir riqueza para la comunidad. En México existen millones de personas, en particular jóvenes, que carecen de empleo. Al desarrollar la ciencia y la tecnología podremos emplear a un mayor número de personas y generar mayor riqueza que repartir.

## **Educación**

Para desarrollar la ciencia en una nación se requiere comenzar por una educación básica de calidad y de amplia cobertura. Así que para tener un programa fuerte de ciencia en México lo primero que habría que hacer es mejorar la educación básica, no sólo con el fin de que la población aprecie la ciencia sino que la haga suya. Tener un pensamiento científico favorece habilidades como la capacidad de razonar, resolver problemas, tener pensamiento lógico y crítico y crear. Sería deseable que los egresados de educación básica supieran trabajar en equipo a fin de que sepan combinar distintas habilidades. Los actos de creación unen ideas que antes parecerían inconexas.

Por consiguiente, habrá que fortalecer el sistema educativo de varias maneras. Uno es articularlo, es decir, que el pre-escolar, primaria, secundaria y escuelas normales ofrezcan un plan unificado y coherente. En segundo lugar habrá que revisar y actualizar los programas de estudio con mayor frecuencia no sólo para garantizar su pertinencia sino la actualización continua de los docentes. Los programas deberán presentar a la ciencia de manera simple pero con inteligencia, interesante, útil y que nos haga sentido. Además habría que llevar a cabo cursos de actualización del magisterio dentro de las propias escuelas, ya que cada una

presenta problemas distintos para la transmisión de conocimiento científico y tecnológico.

Sería deseable que hubiese un solo sistema de bachilleratos, con una amplia gama de opciones tecnológicas. Esto favorecería que los jóvenes no sólo se preparen para el ingreso a las universidades sino que adquieran habilidades técnicas que les permitan tener acceso al mercado laboral. La variedad tan amplia de bachilleratos hace sentir a los jóvenes que unos son de mayor calidad que los otros y que no adquirirán las facultades que requieren para ingresar a la educación superior ni para obtener trabajos bien remunerados.

En las universidades mexicanas se deberán impartir cursos de ciencia de la más alta calidad, para lo cual es imprescindible que contraten grupos de investigadores. Una universidad no sólo es responsable de preservar y difundir, sino también de generar conocimiento. Para esto es necesario repatriar y contratar jóvenes doctorados y brindarles las condiciones para que desarrollen sus habilidades en varios sitios del país. Permitir la fuga de cerebros es regalar una de nuestras riquezas.

### **Divulgación de la ciencia y la “Enciclopedia de la mujer”**

Deberá existir un programa nacional de divulgación de la ciencia. Los adultos difícilmente retornamos a las aulas y la manera en que adquirimos conocimiento nuevo, necesario para tomar buenas decisiones y adaptarnos a las demandas laborales, es de manera informal. Un programa amplio de divulgación requiere de diversidad, ya que cada persona aprende de manera

distinta. A mayor diversidad es más probable tener éxito. Así que se deben tener programas de radio y televisión sobre ciencia, museos y una amplia variedad de textos tanto impresos como en la red. La divulgación de la ciencia contribuye a que se aprecie.

Es fundamental poner especial cuidado a la educación de las mujeres. La escolaridad de la madre es un factor clave en el desempeño académico de los hijos. Por lo tanto habrá que idear un sistema de educación continuo para las mujeres. Podría ser tan simple como poner a su disposición libros en las clínicas, metro, casas de la cultura y escuelas de sus hijos. Éstos deberán ser de su interés, bien escritos de preferencia por otras mujeres, e incluir temas de ciencia. En otras palabras se sugiere crear la “Enciclopedia de la mujer” que conste de fascículos de temas relevantes que se distribuyan a las madres a lo largo de sus vidas para mejorar sus habilidades e influir de manera más positiva en el desarrollo intelectual y emocional de sus hijos.

## **Investigación e industria**

La investigación científica es la responsable de crear nuevo conocimiento. Éste es necesario para el desarrollo de los pueblos.

Es importante que cada estado cuente con universidades y centros especializados donde se haga investigación. Ésta deberá ser pura y aplicada.

La ciencia pura tiene como propósito aumentar nuestra comprensión. Cuando ésta se desarrolla a la par se genera conocimiento que se puede aplicar a la industria. La ciencia aplicada tiene como propósito resolver problemas concretos. Ambas van de la mano.

Una industria fuerte es innovadora. Es la que ofrece al mercado productos diversos de la mejor calidad y al menor precio. La tecnología permite que la industria mejore.

Por su propia naturaleza la tecnología es secreta. Por lo tanto los sistemas de evaluación a investigadores deben tomar en cuenta que los desarrollos tecnológicos no se pueden hacer del dominio público.

Por razones históricas la industria mexicana no se desarrolló a partir de los inventores sino por concesiones; recordemos que somos una nación joven, 200 años de independencia. Por lo tanto es necesario que nuestros industriales se convenzan de invertir en innovar, instalando laboratorios y contratando investigadores.

Una manera práctica de lograrlo sería que el Estado becara durante tres años a cinco doctores recién egresados en industrias fuertes de más de cien trabajadores, para que aprendieran qué pretende el negocio y se pusieran a investigar en maneras para mejorar los productos. Otras naciones han aprendido que un doctor en ciencias no tiene por qué conocer los detalles de una industria, pero está equipado para resolver problemas y para crear. Es decir, contratan a doctores en ciencia que después de empaparse en el proceso industrial aportan nuevo conocimiento relevante para la producción.

Se deben seguir ofreciendo incentivos fiscales a las industrias que inviertan en investigación. Asimismo se deben fortalecer los programas entre las universidades y la industria.

## Proyectos científico-tecnológicos para jóvenes

Como mencioné en la introducción, las personas se organizaron originalmente en comunidades para resolver problemas comunes, seguridad, alimentación, albergue. A cambio de estos beneficios las personas estuvieron dispuestas a trabajar por la comunidad. Pronto aprendieron que la colaboración les permitía hacer más, cuidarse, obtener recursos y disfrutar. En la actualidad hemos roto este contrato social. Por un lado no tenemos bienestar para todos y por otro la oferta laboral no es suficiente para los jóvenes. Creo que una acción que podría tomar el Estado es fomentar grupos de jóvenes científicos dispuestos a poner empresas innovadoras. La propuesta es como sigue: se invitará a jóvenes universitarios, de alto rendimiento y de preferencia con doctorado, a que formen grupos de trabajo multidisciplinario de unas diez personas. Se seleccionarán con base en su inteligencia, capacidad de trabajo, honestidad. Lo ideal sería que el propio Estado organizara los grupos. Éstos discutirán durante al menos un mes sus ideas y generarán un proyecto. Como mencioné antes, la creación se da cuando se unen conceptos que antes parecían desconectados; así que estos grupos de talentos de diversas áreas propondrían proyectos frescos que incluyan fuentes de financiamiento. Las propuestas serían evaluadas por grupos de expertos. El Estado ayudaría a gestionar los préstamos para financiar estas empresas. Se ha mostrado que la cooperación brinda mayor bienestar que si hay quienes abusan de otros; fomentar el trabajo de los jóvenes podría generar mayor bienestar que dejarlos que busquen su pleno desarrollo solos.

Estoy convencida de que estas nuevas empresas de jóvenes traerían muchos beneficios, y no sólo aprovecharíamos nuestros talentos, sino que les brindaríamos y les mostraríamos que confiamos en lo nuestro.

## **La importancia de la ciencia para México**

Es importante invertir en ciencia para evitar males mayores. Daré algunos ejemplos.

Va a seguir la modificación del clima a nivel mundial. Aumentarán los desiertos y las inundaciones. Si se invierte un millón de pesos en la predicción del micro clima se pueden ahorrar decenas de millones en evitar desastres. Además se podrá planear de manera más adecuada la agricultura pertinente para cada región.

Otro ejemplo donde es crucial la prevención es en materia de salud. Es mucho más barato evitar una enfermedad que atenderla. No sólo en costo de atención sino en el costo derivado emocional y físico para las familias. México enfrenta varios problemas serios en materia de salud, desde el cáncer cérvico-uterino hasta la diabetes. Tenemos que hacer investigación básica encaminada a prevenir estos males. Si lo logramos no sólo evitaríamos un sufrimiento enorme a la población sino que estaríamos en posibilidad de exportar nuestro conocimiento.

## **Dependencia económica**

Algunas personas consideran que no hace falta que las naciones en vías de desarrollo desarrollen ciencia pura. Piensan que es más barato importar que crear. Es com-

previsible su punto de vista: aunque a mí me den un millón de pesos no puedo construir un auto que en el mercado cuesta cien mil.

Sin embargo no necesariamente importar tecnología es tan barato. En ocasiones adaptar la tecnología que se importa a las necesidades particulares de nuestro país requiere de especialistas. Por ejemplo, si importamos vacunas para alguna enfermedad tropical es posible que la cepas locales sean distintas y por consiguiente la vacuna no tenga el grado de eficacia esperada, siendo que si hubiésemos desarrollado nuestras propias vacunas entraríamos de lleno al campo de la prevención que a todas luces es más barato que el de la reparación.

Importar tecnología nos hace dependientes. Por ejemplo cuando equipamos a las escuelas con computadores con la idea de que gracias a ese equipo se mejorará la calidad de la educación, en el momento en que se instalan a menudo son obsoletas y no existen recursos para reemplazarlas ni para generar contenidos pertinentes para nuestros estudiantes ni equipo de apoyo. Si nosotros desarrollamos nuestra investigación en educación de acuerdo con nuestra realidad la eficacia será más alta, más pertinente y menos costosa.

Si importamos tecnología fomentamos la fuga de cerebros. Recuerdo que hace años escuché a Augusto Monterroso comentar que ojala tuviésemos cerebros que exportar. Afortunadamente se equivocó, los tenemos y muchos. El que se vayan nuestros jóvenes más inteligentes o con otras habilidades notables a trabajar al extranjero es regalar nuestros tesoros a cambio de nada. Nosotros los criamos, educamos y formamos, y ya que están maduros se van a generar riqueza a otras naciones. Siendo país pobre debería ser todo lo con-

trario, deberíamos proteger a nuestros talentos y brindarles condiciones favorables para su pleno desarrollo.

## Ética en la ciencia

No quiero desaprovechar esta oportunidad para mencionar que la ciencia avanza a partir de las preguntas que no tienen respuesta. La ciencia propone modelos para explicar a la naturaleza, sabe que la verdad es inalcanzable. En la investigación científica se cometen errores, y lo sano es admitirlos y aprender de ellos. Esto no significa que la ciencia carezca de ética, la tiene, pero aprovecha las fallas para avanzar el conocimiento.

## ¿Qué tipo de investigación se debe apoyar?

No se debe descuidar ninguna disciplina, pues todas son importantes para el desarrollo de las demás. Si se decide apoyar una sola, no importa cuál, estará bien mientras sea a fondo (esto garantizaría el desarrollo de las demás, pues la ciencia es una).

Por dar un solo ejemplo: el cerebro. Nuestra mente se organiza para llevar a cabo múltiples funciones de manera muy eficiente, si aprendemos cómo lo logra podríamos hacer maravillas emulándola.

Por supuesto que una aventura de esa magnitud requeriría de múltiples disciplinas en acción y de allí es de donde surgirían las nuevas ideas. La creatividad es lograr poner juntas ideas, palabras, colores y acciones que a nadie se le había ocurrido antes. Y por eso el trabajo en equipo, las lluvias de ideas y las disciplinas diferentes abren nuevas fronteras.

## Prioridades nacionales

Quien sea responsable del diseño de políticas científicas para la nación deberá consolidar las actividades que son exitosas. Sin descuidar sino alentando y promoviendo la ciencia básica. Además deberá promover, con el máximo de recursos posibles, lo siguiente:

1. Energía.
2. Agua.
3. Salud con énfasis en enfermedades endémicas: diabetes, cáncer, etcétera.
4. Agronomía moderna: transgénicos, riego por goteo con nutrientes, cambio de clima, biodiversidad, etcétera.

Cabe notar que los recursos frescos se deben invertir en centros de investigación que hayan probado su efectividad y su alta competencia.

## Prestigio

Un tema del que se habla poco, pero que es crucial en las sociedades modernas, es el prestigio. Por ejemplo, el actual rector de la Universidad Nacional Autónoma de México ha aumentado el prestigio de la institución con grandes beneficios para toda la comunidad.

Si México realiza investigación de frontera en distintos rubros aumentará su prestigio y en consecuencia atraerá más inversiones que con el tiempo generarán mayor riqueza y bienestar.

Un pueblo requiere motivos de orgullo. México tiene muchos motivos para estarlo: nuestras riquezas na-

turales, nuestra historia, el arte. Sería deseable que uno más fuera la ciencia.

Si se enseña ciencia de manera más efectiva en las escuelas, se hace un plan de divulgación interesante, se abren más centros de investigación y se emplean científicos en las empresas se aumentará la valoración social de la misma. Así como a los mexicanos nos agrada que los jóvenes sean campeones de fútbol, nos podría dar gusto ser los que diseñan las nuevas curas, construyen los sistemas de transporte más modernos y descubren los misterios del cosmos.

Si México dedica recursos suficientes de manera decidida y con miras a largo plazo a al menos un proyecto de ciencia y da a conocer sus éxitos mejorará la imagen pública de la investigación y la autoestima de los habitantes en general. Se nos haría más fácil emprender grandes proyectos con la certeza de triunfar.

## Conclusión

La ciencia pura y la aplicada generan conocimiento que a la larga se puede traducir en riqueza. Por lo tanto México debe fomentar la investigación científica.

Para lograrlo deben tomarse las siguientes acciones:

1. Mejorar la educación básica.
2. Generar la “Enciclopedia de la mujer”, a fin de que los jóvenes crezcan en mejores condiciones.
3. Fortalecer la educación superior. Otorgar más recursos a un mayor número de universidades donde se haga investigación.
4. Otorgar más recursos a los centros de investigación.

5. Invertir en investigación estratégica: energía, agua, salud, clima, etcétera.
6. Fomentar los vínculos entre los investigadores y la industria.
7. Crear empresas a cargo de jóvenes con talentos especiales y una variedad de habilidades.
8. Hacer un programa amplio de divulgación que incluya la apreciación de la ciencia.

# Recuentos sobre la formación de un joven científico mexicano: coyunturas estructurales que atentan contra el desarrollo científico y tecnológico del país

*Francisco Barona-Gómez*

Como podrán deducir del título, este texto tiene un fuerte componente autobiográfico. Comienza con una breve descripción del trayecto que he seguido para convertirme en científico. Quizás muchos de ustedes se estarán preguntando por qué habría de importarnos cómo es que alguien en México se convierte en un científico, o más aún, qué tiene que ver la historia personal de un científico con la competitividad en México. La respuesta es simple: nuestra gente es lo más valioso que tenemos, además, en este caso, dicha experiencia personal sirvió como método para identificar lo que he llamado “coyunturas estructurales” del proceso de formación de científicos y tecnólogos que potencialmente atentan contra el desarrollo y la competitividad del país en el futuro próximo. Dicho esto, no está por demás lanzar una nota precautoria en cuanto a la generalización de mis observaciones. Está

en el lector juzgar la valía de las mismas dentro del debate que aquí se gesta, y en los casos correspondientes, como es el de los diputados y funcionarios públicos de la educación, actuar en consecuencia si así lo consideran.

Soy químico de formación profesional egresado de una prestigiada institución de educación superior de la ciudad de Monterrey. Así como todas las universidades privadas del país, mi *alma mater* se distingue por tener una vocación netamente *profesionalizante*, que se adapta a las demandas del mercado laboral por sobre cualquier otra consideración. En retrospectiva, me parece que la vocación profesionalizante de las universidades privadas desentona en cierta medida con la oferta de carreras típicamente fundadas en la investigación científica (química, física, biología, matemáticas e ingenierías altamente especializadas, todas éstas carreras ofrecidas por alguna u otra universidad privada), de tal suerte que el proceso de enseñanza de estas disciplinas se ve comprometido. Aun así, la formación técnica que obtuve durante mi licenciatura me valió, primero, para ser tomado en cuenta por una industria agroquímica para dirigir su esfuerzos de investigación y desarrollo en productos naturales, pero más importante, para ser premiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) con una beca para llevar a cabo mis estudios doctorales en el extranjero, mismos que culminé exitosamente en el Reino Unido en el 2003. Durante mis estudios doctorales tuve la fortuna de presidir la sociedad de alumnos latinoamericanos de mi universidad, en la que predominaban los mexicanos debido principalmente al apoyo brindado por el Conacyt a través de un esquema de becas prácticamente inexistente en otros países latinoamericana-

nos. Esta posición me dio la oportunidad de trabajar con la oficina internacional de la universidad por medio de la cual me percaté que un número cada vez mayor de los conciudadanos apoyados por el Conacyt provenían de universidades privadas. Una vez culminado el doctorado, y debido a que el apoyo del Conacyt no contemplaba los mecanismos ni los recursos para promover mi reinserción en la dinámica nacional, postulé con éxito al Consejo Británico de Investigación en Biotecnología y Ciencias Biológicas para llevar a cabo estudios posdoctorales. Culminados éstos en el 2005, y puesto que el programa de repatriación del Conacyt se reestableció en ese año, logré regresar al país para incorporarme al Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México en donde laboro como investigador asociado desde el pasado mes de octubre.

Al reflexionar sobre esta trayectoria identifiqué dos circunstancias que merecen ser analizadas en mayor detalle, por tratarse precisamente de coyunturas estructurales y no de circunstancias personales. Estas coyunturas estructurales representan puntos en los cuales se entrecruzan mi trayectoria de formación como científico y las estructuras educativas y de política científica dentro de las cuales ésta se ha desarrollado, y que si bien en este caso no atentaron contra mi consolidación como científico, se anticipa que de seguir así lo harán de forma indiscriminada en otros individuos, lo que puede implicar pérdidas irreparables. En primer lugar, no sé si sea excepcional el hecho de haberme graduado en una universidad privada y ser un científico en activo comprometido con el desarrollo y competitividad de México, pero resulta interesante y sumamente claro que existe una discrepancia (a nivel de

tendencia, no de números absolutos) entre el origen o extracción de los cuadros académicos formados al más alto nivel con recursos públicos (becas Conacyt en el extranjero), y el quehacer científico de este país, el cual está concentrado en un puñado de instituciones públicas de educación superior. Esta discrepancia de vocaciones representa la primera coyuntura estructural que identifiqué, y que se expresa en una de las principales observaciones reportadas recientemente por Rodríguez-Gómez y Casanova-Cardiel del Centro de Estudios sobre la Universidad de la UNAM, quienes señalan que en 1990, la participación de las instituciones de educación superior privadas absorbieron 17.4% de la matrícula a nivel licenciatura; para el 2003, esta participación se incrementó al 32 por ciento.<sup>1</sup>

¿Cuáles son las posibles consecuencias de esta discrepancia de vocaciones? Desde mi perspectiva, existen dos posibles escenarios: que el país esté preparando cuadros profesionales de altísimo nivel cuya vocación estará regida por el mercado laboral (estos profesionistas indudablemente se irán con el mejor postor, no necesariamente de carácter nacional), drenándose así los pocos recursos disponibles en materia de ciencia y tecnología que el país tanto necesita. O que paulatinamente las vocaciones profesionalizantes de las universidades privadas, una vez que éstas se han consolidado en la dinámica educativa nacional, estén en proceso de virar hacia la investigación científica y tecnológica. En ambos casos, el escenario resultante deja lugar a serias dudas respecto del desarrollo y la competitividad de México: por un lado, estaremos generando tecnólo-

<sup>1</sup> R. Rodríguez-Gómez y H. Casanova-Cardiel, "Higher Education Policies in Mexico in the 1990s: A Critical Balance", *Higher Education Policy*, 18 (1), 2005, pp. 1-56.

gos que servirán a sus intereses exclusivamente (muy probablemente a través de empresas transnacionales), y por el otro, el gran reto sobre igualdad de oportunidades quedará irremediablemente desatendido en materia de estudios de posgrado, en un país en donde la desigualdad reina.

La segunda coyuntura estructural tiene que ver con los espacios para el desarrollo y quehacer del científico en el país. Como lo mencionaba, la gran mayoría de la investigación del país se concentra en unas cuantas universidades públicas, distinguiéndose la UNAM y el Instituto Politécnico Nacional que, por la misma razón, se encuentran saturadas y carentes de plazas. En este contexto, haber llevado a buen término mi preparación científica en el extranjero por espacio de seis años fue tan difícil como encontrar una oportunidad de trabajo dentro de una de estas instituciones. La tentación de hacer carrera en el extranjero siempre estuvo ahí, y estará para cualquier científico mexicano en el extranjero, esto no tanto por motivaciones personales, sino por la falta de oportunidades en el país.

¿Por qué, si en México existen aproximadamente 1 500 instituciones de educación superior (esto según la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, ANUIES),<sup>2</sup> no hay espacios suficientes y adecuados para que el científico mexicano se desarrolle al nivel que demandan las necesidades del país dentro de un contexto globalizado?

Esta pregunta encuentra respuesta, cuando menos parcialmente, en el tema de la vocación que discutí previamente. De las 1 500 instituciones de educación superior, aproximadamente 50% son privadas, es de-

<sup>2</sup> *Anuario Estadístico*, ANUIES, México, 2002.

cir, carentes de vocación de investigación. ¿Pero qué hay del resto? Desafortunadamente lo público no es sinónimo de ciencia y tecnología. En palabras del coordinador de investigación y posgrado de una de las universidades estatales que más terreno ha ganado en los últimos años, esto en alusión a la observación hecha por su rector en cuanto a que 90% de los investigadores de su núcleo docente eran miembros del Sistema Nacional de Investigadores, el coordinador contestó: “no se trata de que sean miembros del SNI, sino en qué condiciones los tenemos: varios de estos investigadores tienen que andar pidiendo una computadora prestada para enviar un correo electrónico”. En este contexto llama la atención la ola creacionista, dicho así con toda intención puesto que pareciera que por obra divina del actual régimen, las instituciones de educación superior aparecen de la nada: durante los tres primeros años del régimen foxista, fueron creadas más de 50 instituciones estatales. Tan sólo entre 2002 y 2003 se crearon 26 nuevas instituciones, incluidas ocho universidades tecnológicas, ocho institutos tecnológicos, tres universidades politécnicas y nueve universidades públicas. Si bien es cierto que estas instituciones obedecen a otras demandas educativas, por ejemplo de integración cultural e igualdad de oportunidades, difícilmente serán casa de investigadores formados al más alto nivel para hacer frente a la demanda de nuevas tecnologías que exigen la competitividad y la productividad nacional.

En conclusión, urge mantener e incrementar el apoyo a los egresados de instituciones de educación superior cuya vocación sea claramente de investigación, así como apoyar la consolidación de aquellas instituciones de educación superior con proyectos de investigación

viables, que respondan a demandas reales del país y que lo hagan al nivel que la competencia global exige; esto en lugar de multiplicar el número de instituciones obedeciendo a intereses sexenales carentes de estrategias viables y sin visión a largo plazo. Si pretendemos que la competitividad del país se base en ciencia y tecnologías propias, urge entonces gestar un nuevo proyecto de educación superior *único* con la ciencia y la tecnología como actor central. Es aquí en donde se encuentra el reto y la oportunidad de la Comisión de Ciencia y Tecnología: legislar para generar los mecanismos de evaluación y control necesarios para homogeneizar la vocación y los recursos destinados a las instituciones de educación superior. Se trata por consiguiente de una reforma central para el desarrollo de México.



# Gran acuerdo nacional sobre ciencia y tecnología para fomentar la innovación, la competitividad y el desarrollo integral de México

*Octavio Paredes López*

México es un país rico en recursos humanos y naturales, basta mencionar que desde sus orígenes, las culturas prehispánicas sobresalieron por sus grandes avances en matemáticas, astronomía, medicina y agricultura; así nuestro país ha sido semillero de hombres y mujeres exitosos desde sus inicios hasta nuestros días (hoy contamos con tres premios Nobel, grupos de científicos de excelencia, jóvenes de calidad excelsa y algunas pequeñas empresas mexicanas llegando al Valle del Silicio).

Son varios los avances dados en nuestro país en materia de ciencia y tecnología a lo largo de su historia. Prueba de ello es el hecho de que el siglo xx se caracterizó por la creación de un sistema científico estructurado y de calidad que, aunque pequeño, ha dado frutos importantes en el ámbito nacional e internacional.

No obstante y a pesar de su riqueza, nuestro país no ha alcanzado un lugar importante en competitividad tecnológica y está aún muy abajo en cuanto a su inver-

sión en ciencia y tecnología. De las 60 economías más importantes del mundo, México se ubica en el lugar 56 en competitividad. En tan solo cinco años ha tenido una drástica caída, al pasar del lugar 33 en el año 2000, al 56 en el 2004.

Asimismo, en relación con la inversión en ciencia y tecnología, México destina un porcentaje muy por debajo del promedio recomendado por la OCDE, alcanzando en 2005 apenas 0.34% del producto interno bruto (PIB).

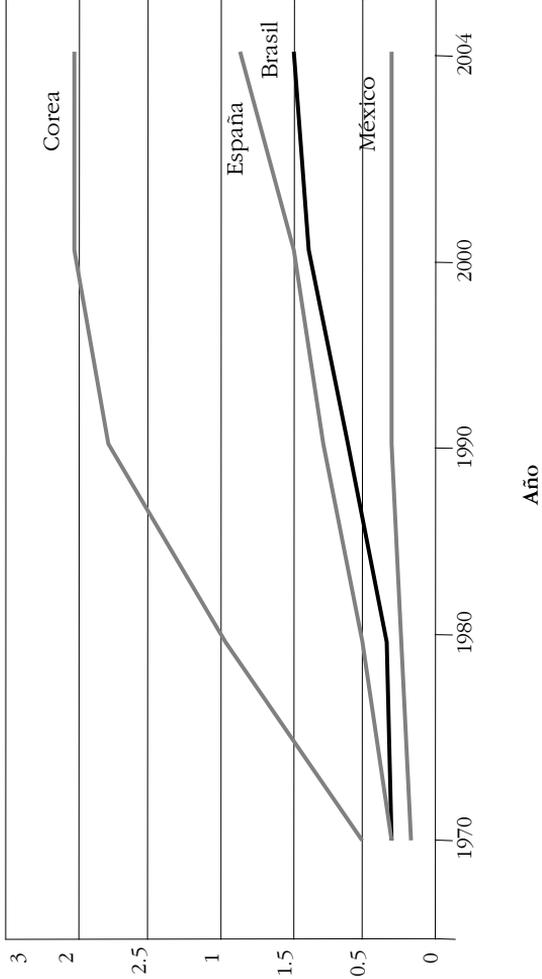
Si desea obtener los beneficios de la globalización, nuestro país debe crecer de manera urgente, es decir, debe convertirse en una economía competitiva y moderna. Sin embargo, esto no es una tarea fácil debido a los diversos rezagos en educación, infraestructura y, principalmente, en innovación científica y tecnológica; esta precaria situación nos ha situado en un punto de estancamiento alarmante cuyas consecuencias pueden redundar en una total dependencia tecnológica y, por consiguiente, en un retraso irreversible que nos ubicará en un plano de prácticamente nula competitividad.

Ante el estado actual que guarda la generación de conocimientos en nuestro país, es necesario crear un gran acuerdo nacional para fomentar la innovación, la competitividad y el desarrollo integral de México. Para ello, es primordial considerar los siguientes objetivos:

- Asegurar que el mensaje sobre ciencia alcance amplios sectores de la sociedad.
- Enfatizar la importancia de la salud, la alimentación, el medio ambiente y la energía, entre otros, sobre bases sustentables.
- Insistir en el papel de la ciencia y la tecnología para generar bienestar, crear empleos y disminuir la pobreza.

# Relación PIB y competitividad

	Competitividad
Corea	35
España	31
Brasil	53
México	56





- Apoyar y promover la excelencia de clase mundial en los grupos de investigación.
- Atraer a los jóvenes más brillantes a las carreras en ciencia y tecnología.
- Estimular la investigación y la innovación en áreas prioritarias e inducir una mayor y mejor interacción entre las instituciones públicas y los organismos privados.
- Establecer o reforzar los instrumentos de desarrollo tecnológico, evaluación, absorción y la cadena desde su concepción hasta su utilización.
- Mejorar la cultura de la propiedad intelectual y los mecanismos correspondientes.
- Apoyar los registros de “denominación de origen”.
- Estimular la investigación y prevención de desastres naturales (ciclones, sismos, sequías, etcétera).
- Promover y aprovechar la cooperación internacional.
- Fomentar el establecimiento de centros regionales de innovación de interés común en el subcontinente latinoamericano.
- Incrementar la calidad de la educación en todas sus etapas y aumentar el porcentaje de jóvenes en el segmento de educación superior.

Para alcanzar estos objetivos existen instrumentos clave que indudablemente coadyuvarían en su pronta realización.

Es preponderante y urgente destinar no menos del 1% del PIB para inversión en ciencia y tecnología asociado a compromisos firmes. Este porcentaje deberá alcanzarse en al menos cinco años con incrementos

sostenidos por parte del sector público. Aun así, México seguiría por debajo de los estándares internacionales en la inversión en ciencia y tecnología, pero ello nos enviaría a nuevos y firmes avances en el tema.

Es necesario involucrar a los principales organismos y academias en la formulación e instrumentación de esta nueva estrategia. Por otro lado, es primordial actualizar y utilizar la infraestructura de instituciones y centros de investigación. La obsolescencia se alcanza rápidamente por lo que deben crearse redes que identifiquen la principal infraestructura con la que cuenta el país (en infraestructura científica y tecnológica México ocupa el lugar 59).

Asimismo, deben mejorarse los mecanismos de apoyo a la ciencia básica y generar grupos selectos y facilidades de clase mundial (grupos de clase mundial), para lo cual es urgente formar y contratar a nuevos valores e instrumentar un plan de movilización de científicos y de inserción en empresas y otros organismos.

El desarrollo de nuevas tecnologías es de vital importancia para hacer a la industria mexicana globalmente competitiva relacionando educación y entrenamiento con los requerimientos nacionales.

En cuanto al sistema de innovación en México, hace falta una legislación sobre este rubro. Es urgente estimular iniciativas conjuntas entre empresas y centros de investigación y universidades. Asimismo, debe fortalecerse más la cultura de la innovación.

Debe apoyarse la creación de estructuras para empresas de base tecnológica. Para contar con centros tecnológicos empresariales es de vital importancia estimular al sector privado a la creación de sus propios grupos de investigación y a través de *outsourcing*.

Por otro lado, las aportaciones culturales indígenas deben preservarse y enriquecerse; el rico legado de éstas en biodiversidad y utilización racional de las plantas medicinales cuyo origen genético reside en nuestro país, no debe ponerse en riesgo.

Nuestro país y el resto del mundo enfrentan año tras año la amenaza de desastres naturales cada vez mayores. Para ello, deben promoverse la ciencia y la tecnología que ayudan a la prevención o mitigación de estos fenómenos, así como la generación de conocimientos sobre el cambio climático.

Ante un panorama globalizado, la cooperación internacional debe aprovecharse en beneficio de los intereses nacionales y regionales.

En relación con la educación, tiene que lanzarse una gran cruzada por la calidad de la educación nacional misma; los científicos tienen aquí un papel preponderante de compromiso social.

Popularizar la ciencia en México resulta de vital importancia para el desarrollo del país, para ello debe incrementarse el conocimiento de la sociedad sobre la importancia de la ciencia y la tecnología en la vida diaria, sin dejar de lado los aspectos morales, éticos, legales y económicos.

Finalmente, es importante diseñar un sistema de medidas fiscales que estimulen la inversión en el conocimiento, así como un sistema de monitoreo y seguimiento.

Todo lo anterior debe enmarcarse en un gran acuerdo nacional que comprenda las potencialidades nacionales en investigación y desarrollo tecnológico para responder a los grandes problemas nacionales sin dejar de lado la presencia creciente de problemas de dimensión internacional.



# Hacia un acuerdo nacional para fomentar el desarrollo, la innovación y la competitividad de México con base en el conocimiento

*José Luis Fernández Zayas*

El presente trabajo es una contribución a una idea central: procurar un gran acuerdo nacional para fomentar el desarrollo, la innovación y la competitividad de México. Esta idea, propuesta inicialmente en otras organizaciones como la Academia Mexicana de Ciencias, desea propiciar la formulación de una política de Estado de manera conjunta con el Conacyt. Éste es un tema que no se conoce en México: en nuestra historia no hay, propiamente dicha, ni una sola política de Estado, si bien hay leyes y la convicción generalizada de que algunas cosas deben o no hacerse.

Se parte de la base de que en el país hay cosas muy buenas, por ejemplo el capital social que crece y las buenas costumbres. En México hay capacidad para llegar a acuerdos y por eso pretendemos llegar a uno en materia de ciencia y tecnología.

El tema a subrayar es el de la competitividad como estrategia y forma de trabajo nacional que permite crear valor. Sin embargo, como afirma Sergio Ampudia, si se quiere copiar lo que los chinos ya están haciendo, y

además bien, seguramente pagaremos un costo muy superior, porque este país es más caro que China, entre otras razones.

Lo que habría que revisarse son las oportunidades que se han desperdiciado de trabajar conjuntamente en el sector productivo con el sector académico. En este sentido hay una serie de bloqueos en la sociedad mexicana que lo impiden. No es un problema de partidos políticos, ni del gobierno ni del Legislativo, es de la sociedad mexicana, que nos obliga a ver nuestro pequeño recinto como el más importante.

Si no jalamos parejo todos en la misma dirección, no llegaremos muy lejos. La circunstancia actual es que cada uno de nosotros jala en una dirección diferente y procura que sea cada vez más clara su propia estrategia y más opaca la de los demás.

Es fundamental sacar ventaja y capitalizar nuestro sector académico y nuestro aparato de ciencia y tecnología que, como se ha dicho es, pequeño pero de excelente calidad: tiene 12 mil investigadores con el mismo nivel que los de cualquier país del mundo, para trabajar en lo que este país necesita y crear el conocimiento pertinente.

Es necesario también reflexionar sobre nuestra formación para tomar decisiones, que no es la apropiada para salir adelante. Además es importante dejar de quejarnos y trabajar más en equipo. Difícilmente somos interdisciplinarios y nos gusta mucho la rutina.

En México, una circunstancia natural es que en esta competencia entre unos y otros, la ciencia y la tecnología compiten entre sí por fondos por demás escasos y por espacios y plazas.

En particular, es necesario aprovechar el que casi la totalidad de los programas de investigación científica

apoyados por las universidades, por el Consejo de Ciencia y Tecnología o por otros fondos están fundamentados en problemas muy relevantes para la vida cotidiana de México.

A diferencia de lo que a menudo se cree, en el sentido de que los científicos hacen cosas muy extrañas, en México los científicos están haciendo aportes importantes y útiles para la realidad cotidiana; nada más nos hace falta trabajar en equipo con ellos para poder hacer las cosas de manera más efectiva.

Es importante reflexionar, sobre un aspecto fundamental en esta estrategia, en este acuerdo nacional, relacionado con el marco legal que surge de los trabajos de los legisladores precisamente en este recinto. El nuestro es un marco legal deficiente, como corresponde a nuestro estado de subdesarrollo, pero que debe incrementarse y mejorar para apoyar el proceso del desarrollo.

Una de las características más negativas de nuestro marco legal es que a quienes se dedican a la docencia, investigación, administración o dirigen en una entidad pública, se les cataloga como servidores públicos y, por tanto, se les puede penalizar hasta con cárcel si distraen recursos o si utilizan su tiempo en actividades que no son centrales dentro del presupuesto.

Así, por ejemplo si se acude al laboratorio del doctor X para llevar una magnífica idea, y ver si él puede ayudar a desarrollarla como un producto o un servicio de clase mundial, el señor por ley tiene prohibido abrirme la puerta. En México tenemos científicos del más alto nivel que sí colaboran con empresas mexicanas, y que están probablemente violando la ley. Entonces, es necesario cambiar la ley para no tener que violarla y así poder hacer las cosas que nos tocan.

Por otra parte, la aplicación de reglamentos en las instituciones, cuidadosamente supervisadas por la Secretaría de Hacienda y la Secretaría de la Función Pública, no está vinculada de ninguna manera ni con el sector productivo ni con los procedimientos para que los avances en el conocimiento permitan mejorar la condición económica de la actividad privada mexicana. Los reglamentos y las prácticas se han hecho sumamente obsoletos. Tienen origen en el siglo XIX, y en vez de modernizarse se han aislado y excluido de la actividad productiva. Por ejemplo, quien provenga de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, donde la mitad de las materias son matemáticas y la otra mitad materias relacionadas con la física, verá que éstas están poco o nada relacionadas con las oportunidades del sector productivo.

Las matemáticas son matemáticas continuas, de esas que se estudiaban en los años cuarenta y cincuenta, que permitían resolver ecuaciones diferenciales a mano; y la física, es la de Newton: está casi prohibido hablar de Einstein; entonces es poco útil lo que ahí se enseña y los culpables somos los profesores, los investigadores, los alumnos y los padres de los alumnos, quienes dicen: “Mira qué gran escuela. Ahí voy a mandar a mi hijo para que aprenda cosas nuevas”.

Esto se agrava si juntamos todas estas características con el marco legal coronado por la Ley de Planeación. Aquí es necesario recordar que la Ley de Planeación es uno de los documentos menos conocidos y el más importante en nuestro marco legal, y dice: “toda la planeación nace, crece, se reproduce y muere en la Secretaría de Hacienda y Crédito Público”, y aquel que no lo crea así, está condenado a no tener acceso a fondos públicos.

Hay quien piensa que un evento impostergable de los próximos 15 años es que China entre en guerra con Estados Unidos y probablemente gane. Quiero decirles que hay una serie de esfuerzos de diferentes organizaciones chinas, que saben cómo negociar con políticos mexicanos, que están comprando grandes extensiones territoriales en la parte noroeste.

A aquellos que creen que podemos perder el territorio nacional, les informo que una parte ya la tenemos perdida.

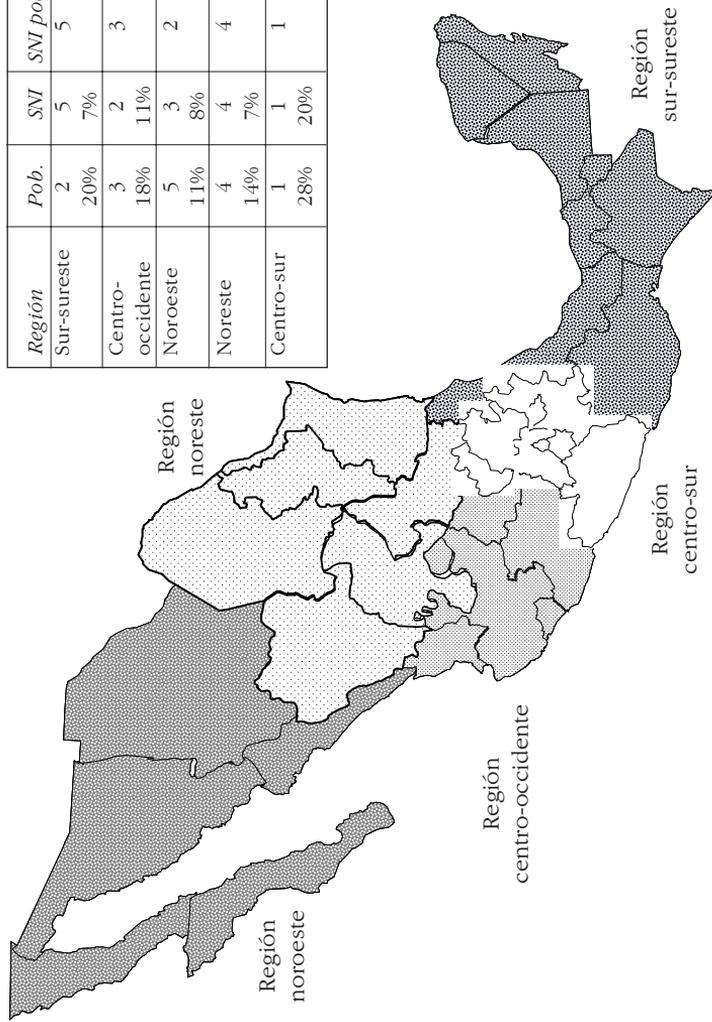
En la Gráfica 1 se incluyen algunos indicadores regionales sobre población, PIB y participación en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Se excluyó al Distrito Federal, pues representa aproximadamente la mitad de todo el esfuerzo nacional. La otra mitad del país se puede apreciar en estas regiones, que son las que se privilegian en el mundo de la educación pública.

Destaca la región del noroeste, debido a que tiene la mayor cantidad de territorio, la menor cantidad de población y el menor esfuerzo de investigación y desarrollo. La mayor concentración de talento, de conocimiento y de investigación se manifiesta en la región centro-sur.

Una de las cosas que hemos aprendido en los últimos cuatro años, desde que la Ley de Ciencia y Tecnología fue aprobada unánimemente por la Honorable Cámara de Diputados, es que ahora tenemos mejor entendimiento de este país y que éste es muy diverso. Los problemas en Jalisco no tienen nada que ver con los del sur de Veracruz, y éstos a su vez no tienen nada que ver con Oaxaca. En cada una de las ciudades se nos presentan varias oportunidades, que son entre sí diferentes, razón por la cual se ha detonado mucho la ciencia y la tecnología a nivel estatal.

## Gráfica 1

Indicadores regionales, se excluye el D.F.



Región	Pob.	SNI	SNI pob.	Sup.	PIB	PNP
Sur-sureste	2 20%	5 7%	5	3 20%	5 13%	5 10%
Centro-occidente	3 18%	2 11%	3	4 11%	3 14%	4 13%
Noroeste	5 11%	3 8%	2	1 32%	4 12%	3 15%
Noreste	4 14%	4 7%	4	2 28%	2 17%	2 16%
Centro-sur	1 28%	1 20%	1	5 8%	1 20%	1 21%

Entonces –y esto hay que subrayarlo–, o entendemos que México es un país diverso, con características muy distintas que debemos aprovechar, o lo vamos a perder. Ahora bien, la mitad del trabajo intelectual se hace fuera del Valle de México, por lo que tenemos que recordar que este país requiere de mucho más esfuerzo de los legisladores, de los inversionistas y, desde luego, de los académicos fuera del Valle de México que aquí adentro.

Por otra parte, de 60 países evaluados en competitividad, nosotros estábamos, en el año 2005, en el lugar 56 apenas; es decir, vamos muy claramente al fondo de la tabla casi de forma inexorable. Los principales indicadores son los cuatro pilares de las evaluaciones: rendimiento económico, eficiencia gubernamental, eficiencia en los negocios e infraestructura.

Los indicadores que tienen que ver con, por ejemplo, infraestructura científica, revelan que somos el peor país del mundo en este rubro. Donde estamos muy bien es en finanzas públicas y esto es porque los indicadores internacionales están orientados a países del primer mundo: se premia que el país tenga un bajo riesgo-país, pero no se toma en cuenta, por ejemplo, la capacidad de detonar el mercado interno.

Hay que corregir muchas de estos rubros. Estamos de acuerdo con los observadores que consideran que concentrar la atención en la macroeconomía no es suficiente, y que necesitamos trabajar mucho más en la economía real, que es la que da los empleos y la que crea valor.

Si desagregamos estos cuatro grupos (véanse Tabla 1 y Gráfica 2) de indicadores y los ponemos en una gráfica, a lo largo de los últimos cinco o seis años, lo que veremos no es el trabajo de México en los últimos

Tabla 1  
Indicadores de competitividad 2004-2005

<i>Rendimiento económico</i>		<i>Eficiencia gubernamental</i>			
	2004	2005	2004	2005	
Economía doméstica	55	53	Finanzas públicas	21	20
Comercio internacional	48	49	Política fiscal	20	27
Inversión internacional	48	50	Marco institucional	53	51
Empleo	42	26	Legislación de negocios	53	52
Precios	28	32	Marco social	58	57

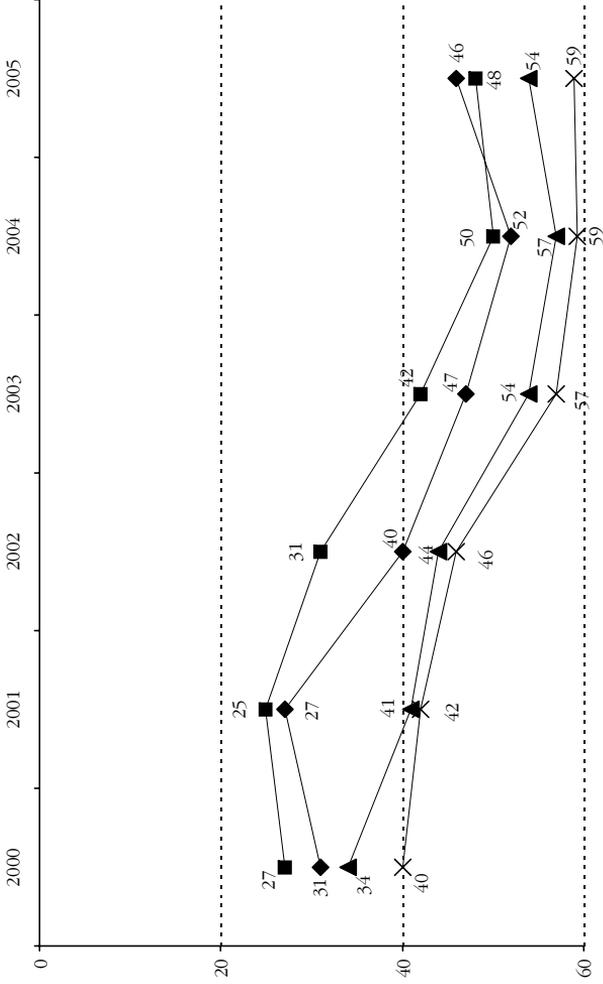
  

<i>Eficiencia en los negocios</i>		<i>Infraestructura</i>			
	2004	2005	2004	2005	
Productividad	43	55	Infraestructura básica	50	56
Mercado laboral	50	42	Infraestructura tecnológica	59	59
Finanzas	59	57	Infraestructura científica	59	60
Prácticas gerenciales	56	51	Salud y ambiente	54	53
Actitudes y labores	53	51	Educación	56	56

Fuente: World Competitiveness Yearbook, 2005.

Gráfica 2

México: indicadores de competitividad 2000-2005.  
Posición relativa respecto a las demás economías analizadas



◆ Rendimiento económico ■ Eficiencia gubernamental ▲ Eficiencia en los negocios × Infraestructura

Fuente: World Competitiveness Yearbook, 2005.

cinco o seis años, sino el trabajo de México (sistemático, comprometido con la pérdida de competitividad a largo plazo), desde hace décadas.

Nuestra creciente falta de competitividad es la misma. La tendencia y la pendiente son las mismas en los cuatro indicadores, si bien algunos tienen mejores cifras que otros.

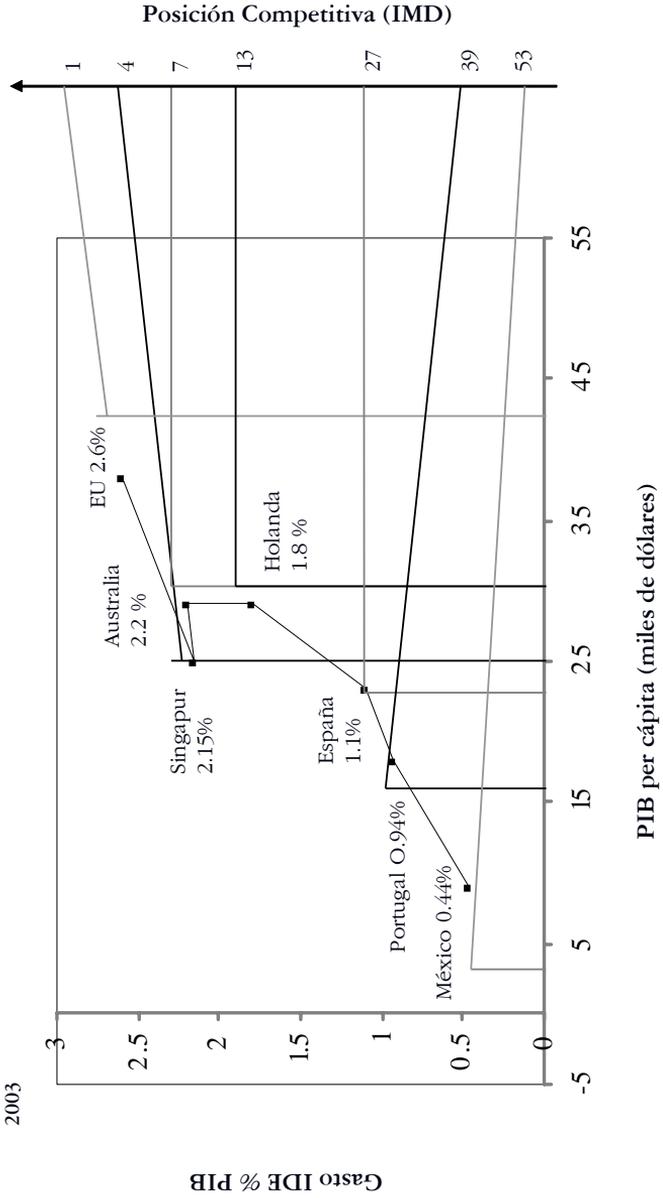
En la Gráfica 3 aparece el producto interno bruto per cápita, que habla de la riqueza real de la nación, en el eje horizontal, y la fracción que se destina a investigación y desarrollo, de acuerdo con parámetros de la OCDE, en el eje vertical.

El único país que no se mide así, es Cuba, pero no está en la OCDE. Así, ésta es considerada una herramienta adecuada porque hay una buena correlación: los países ricos invierten mucho en investigación y desarrollo.

De acuerdo con un documento de la Casa Blanca del 2 de febrero de 2006, es propósito de la política del presidente George Bush triplicar la inversión nacional en ciencia y tecnología para enfrentar la creciente competencia de Asia. Ellos están ahora en 2.6% de un producto interno verdaderamente bruto; nosotros estamos abajo del 0.5%, pero lo peor del caso es que hemos estado en el mismo nivel de inversión desde hace unos 30 años, es decir, ni la educación superior ha crecido.

En síntesis, nosotros creemos que es necesario cambiar el paradigma de la competitividad. Hace muchos años se decía que la productividad dependía de las cuestiones físicas; ahora se sabe, conforme vemos la competencia internacional, que no son ésas las cuestiones importantes para competir con éxito. Tomemos como ejemplo los microscopios chinos, comparados

Gráfica 3  
 Los países que invierten en IDE son más competitivos



con los microscopios mexicanos, con las lentes. A quienes fabrican microscopios les resulta más conveniente importar de China las lentes terminadas que comprar el vidrio en México, por razones además fiscales; algo sumamente curioso, pues lo que más nos preocupa es el impacto del paradigma viejo, en el cual nos seguimos amarrando, conforme a la política laboral. A diferencia de los países competitivos, que explotan la tecnología y el conocimiento, en México, al igual que en los países de América Latina, se explotan los salarios bajos de los trabajadores.

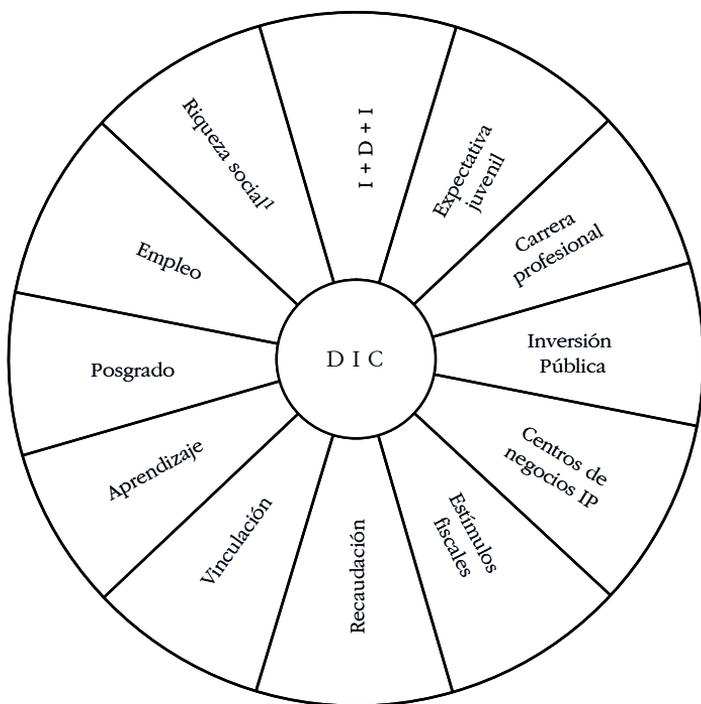
En los países en crecimiento, el centro de la atención es el ciudadano, cuya economía debe mejorar, y para lograrlo, se apoyan en la manufactura y en la industria en general, así como en los servicios de alta calidad, es decir, aquellos de alto valor agregado.

Para poder pagar sueldos óptimos, habrá que potenciar el mercado interno y crear este círculo virtuoso, donde la gente estudia más, se capacita mejor, es más competitiva, gana más.

En México vendemos cosas de muy bajo valor, productos ensamblados prefabricados, y recursos naturales no renovables. Los países industrializados importan lo que nosotros estamos vendiendo. México tiene grandes empresas que producen pan, cerveza, acero, cemento, y estamos comprando mucho de lo que vemos a nuestro alrededor; importamos además software, tecnología y aparatos electrónicos.

Es necesario reflexionar sobre estos elementos que aparecen aquí, que los estudiosos colocan en pirámides, o en bloques separados, a veces conectados con una línea gruesa, a veces no. En realidad son parte de una rueda que debe ensamblarse de manera armónica (véase Gráfica 4).

Gráfica 4  
Desarrollo integral basado en el conocimiento (DIC)



<sup>1</sup> Riqueza social = Capital social + Riqueza económica

Esto puede estar girando, pero hay cosas fundamentales como la riqueza social, mientras los otros son elementos que nos permiten abonarle a la gobernabilidad y al bienestar generalizado, a través del conocimiento que nos hace competitivos.

Finalmente la investigación, el desarrollo y la innovación representan “la piedra de toque”, la parte cupular, al tiempo que la recaudación fiscal es el cimiento fundamental.

Lograr una sola dirección, la del conocimiento, en los esfuerzos nacionales para recuperar la competitividad en el menor plazo, aun con las imperfecciones que en un inicio representara su implementación, es mejor que la existencia de fuerzas dispersas que no nos llevan a ningún lado y nos hacen perder la oportunidad histórica que hoy tenemos.

# La importancia de una política para la innovación

*Carlos Bazdresch*

## Introducción

Como es sabido, el desarrollo de la ciencia en México, como objetivo social, ha pasado por varias etapas. La primera se remonta a finales del siglo xvii con don Carlos Sigüenza y Góngora y, la más reciente, a los años que van de 1920 a 1940, con el surgimiento de varias academias, el reinicio de actividades de la universidad y, finalmente, el reconocimiento por parte del general Lázaro Cárdenas de que el sostenimiento y desarrollo de la ciencia debería tener apoyo público.

Si bien ya han pasado 70 años de esto, en realidad la ciencia mexicana aún es joven y está en vías de desarrollo.

En nuestro país, los primeros científicos se agruparon, en su mayoría, alrededor de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que es la institución central para la actividad científica, sin olvidar el importante trabajo en este sentido de instituciones como el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cin-

vestav) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), entre otras. Asimismo, el paso del desarrollo científico se aceleró notablemente con la fundación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y con la aparición del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), los concursos para el financiamiento de proyectos de investigación, el aumento de los programas de becas y finalmente con la aparición de algunos programas de vinculación más efectivos. En fin, el proceso ha sido lento pero con cierta firmeza, y es posible notar una cierta aceleración del paso.

### **La situación actual**

En la actualidad los logros del sistema científico del país son mejores que nunca. En el 2002 los científicos mexicanos publicaron más de cinco mil artículos en las revistas inscritas en el índice de indicadores científicos y además han desarrollado grupos de calidad mundial en varias ciencias, entre las que sobresalen la radioastronomía y la biotecnología. Asimismo su presencia en foros internacionales es amplia y sus logros en términos de una mayor atención por parte del gobierno también es ya importante. El interés del Congreso de la Unión en hacer regulaciones que defiendan la libertad del científico y promuevan su tarea se ha puesto en evidencia varias veces.

No obstante, estos logros conviven con problemas añejos relacionados con cierta incapacidad de la ciencia para generar resultados útiles a la sociedad, y que son precisamente los que han impulsado su desarrollo en los países que hoy cuentan con la mejor investigación

científica. De esta forma, si bien la ciencia mexicana ha progresado, aún no logra los resultados que le darían estabilidad al desarrollo científico obtenido hasta la fecha.

En los hechos, aunque los fondos públicos han crecido, aún son muy escasos en relación con la tarea a realizar. La velocidad del cambio es muy lenta comparado con la de otros países. Hoy, el gasto en investigación y desarrollo experimental es sólo de 0.4% del PIB, por lo que persisten dificultades para el reclutamiento de jóvenes brillantes, problema que se suma al hecho de que en la actualidad hay un buen número de científicos que está por retirarse.

Nadie duda de la capacidad de los científicos mexicanos, pero el impacto de su actividad debería ser mayor. Mientras esto no suceda, el desarrollo de su actividad seguirá en una pendiente muy suave. Además, y esto es lo más grave, el efecto de la ciencia mexicana para el mexicano común seguirá siendo muy reducido.

En este sentido hay al menos cuatro elementos que deben impulsarse, a saber: i) el impacto de las publicaciones de los científicos mexicanos; ii) las conexiones del trabajo de los científicos con diversos sectores de la actividad como son la educación, el conocimiento patentado, el mundo externo y con los procesos de innovación; iii) el equipamiento de la ciencia; y iv) los resultados de la investigación aplicada en términos de tecnologías exitosas y útiles.

### **Promover la innovación para impulsar a la ciencia**

La experiencia mundial sobre el desarrollo de los sistemas científicos y tecnológicos de cada nación ha sido,

y es, que los fondos públicos y privados para la investigación aumentan en forma importante cuando van dirigidos a lograr alguna forma de innovación. De hecho, en algunos estudios sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología en diversos países aparece invariablemente, primero, que los fondos públicos para la ciencia llegan, si acaso, a un máximo del 1% del PIB.

En realidad, en los países en que se ha llegado a crear un sistema científico y tecnológico moderno, los fondos que financian dicha creación provienen, a menudo, de las empresas privadas y los aportan, principalmente, para generar más innovación con base científica.

De esta forma, en países atrasados en su desarrollo científico y tecnológico los fondos para financiar la investigación experimental suman alrededor de 0.5% del PIB, y los aporta principalmente el sector público. Por su parte, en los países avanzados la principal aportación viene de las empresas y fondos privados y llega hasta 1.5% del PIB. Estas aportaciones se suman a las que hacen los gobiernos y, aun en el caso de los países más ricos, no exceden el 1% del PIB. Se concluye, entonces, que para impulsar el crecimiento del sistema científico es muy importante desarrollar una política que haga rentable la innovación, y lleve a las empresas a solicitar el apoyo de los científicos.

Este desarrollo se haría, primero, con fondos públicos, que después serían sustituidos, al menos en parte, por fondos privados. Si la historia no miente, sólo así se podrá mantener y aumentar la dinámica del desarrollo científico. Pero, además –y quizás más importante–, ayudar a las empresas a adquirir una mayor capacidad de innovación es crucial para lograr que el ritmo de crecimiento de la economía vuelva a ser –como en los

años cincuenta y sesenta— alto y sostenido. A fin de cuentas sería ese crecimiento alto y sostenido el que proveería los fondos para llevar al desarrollo científico a convertirse en un movimiento menos dependiente de la ayuda de otros sectores.

### Elementos de una política para la innovación

En consecuencia, debe establecerse un programa de apoyos públicos —algunos ya existen en el Conacyt— que se orienten a promover —o ampliar— la innovación en las empresas mexicanas y a estimular en el mundo de la ciencia y de las ingenierías la creación de invenciones susceptible de convertirse en innovaciones.

Los objetivos de este programa deben ser: i) fomentar la creación de nuevas ideas capaces de generar un invento potencialmente útil; ii) impulsar la formación de fondos de capital de riesgo; iii) apoyar a las empresas a desarrollar las distintas fases que llevan de una invención a una innovación rentable; y iv) mantener un programa de innovación continuo.

En la actualidad, no existe en forma efectiva el fomento de ideas nuevas en nuestro sistema de ciencia y tecnología, ya que sólo se apoya la investigación científica, bajo cuya definición se puede incluir, a veces, el desarrollo de una idea útil. Sin embargo, la asignación de estos fondos se dirige, más bien, a los proyectos de investigación básica. Se requiere de un mecanismo, diferente de los existentes, más enfocado al apoyo del desarrollo de ideas nuevas en la ciencia aplicada.

En el país se cuenta ya con fondos de capital de riesgo, pero bajo cobertura extranjera, por lo que han interesado poco a los inversionistas. Con las modifica-

ciones legales del año pasado, pueden crearse ya estos fondos en México, y su campo de acción extenderse a inversionistas menos sofisticados respecto a lo financiero, pero más conocedores de las posibles fuentes de innovación en México. Es importante apoyar la formación en nuestro país de fondos de capital de riesgo, basados ya en la legislación nacional. Con este fin hay que organizar un programa que otorgue ayuda financiera a los estudios y gastos de instalación que deben hacerse en forma previa a la fundación de estos fondos.

Además, debe continuarse con los incentivos fiscales concedidos a las empresas con el propósito de financiar proyectos de innovación en sus instalaciones, y con la operación del conjunto de apoyos a las empresas que puso en marcha el Conacyt en la presente administración. Estos mecanismos están dirigidos a apoyar las distintas etapas por las que pasa la conversión de inventos en innovaciones. Si bien tienen relativamente poco tiempo de operación, al parecer han funcionado bien, y en todo caso representan ya una base de experiencia que sería inteligente aprovechar.

En suma, una política de apoyo a la innovación debe tener varios instrumentos; a saber: un primer grupo dirigido a la promoción de los inventos, principalmente en los ámbitos de la ciencia y las ingenierías; un segundo grupo orientado a la formación de fondos de capital de riesgo que operan con una mezcla de científicos y hombres de empresa, a fin de obtener los fondos de riesgo necesarios para toda inversión de esta índole; y, por último, un tercer grupo para ayudar a las empresas a pasar de un invento que ya casi es innovación a un producto o servicio que se pueda colocar en el mercado.

## Por último, tres advertencias

Primero, un programa acorde a las características que se han descrito aquí, dirigido a promover que sean las empresas y los capitalistas privados los que asuman el costo de los muchos fracasos y el alto beneficio de los pocos éxitos que suelen ocurrir en el campo de la inversión de riesgo, sin perder de vista la dificultad para que la empresa pública participe en un programa de esta índole. Segundo, es importante que este programa se ponga en marcha con prontitud. Una acción de esta índole debió haberse iniciado, quizá, desde finales de los años sesenta del siglo pasado. Por último, presentado antes no es más que un ligero esbozo de una política para el fomento de la innovación: la política para la innovación en México está por diseñarse.



# La infraestructura científica como determinante de la competitividad

*Claudia N. González Brambila*

Este ensayo describe de manera breve las razones por las cuales los gobiernos deben invertir en ciencia y tecnología. Se mencionan los factores y criterios utilizados por el Instituto para el Desarrollo Comercial (IMD, por sus siglas en inglés) para medir la competitividad de las 60 economías más desarrolladas del mundo. Particular interés se pone en el análisis de los parámetros para medir la infraestructura científica, criterio en el que México ocupa la última posición entre estas 60 economías. Se analizan también algunos indicadores que pretenden medir la eficiencia del gasto en investigación y desarrollo en México, en comparación con países de similar desarrollo. Ante el crítico panorama de la competitividad del país, se propone impulsar la capacidad innovadora con recursos para la innovación, acumulación de conocimientos y políticas de apoyo a la innovación.

## Introducción

El estudio de los factores que determinan la competitividad de los países ha sido motivo de investigación y debate. En los últimos años se ha demostrado que los factores de producción tradicionales (tierra, trabajo y capital) ya no son la clave para el desarrollo socioeconómico de los países. Por ejemplo, Finlandia, Singapur e Irlanda, países con una fuerza laboral y una extensión territorial relativamente pequeñas, están dentro de los países más competitivos del mundo. Estas naciones han tenido una acumulación rápida de riqueza en las dos últimas décadas. Sin embargo, otras economías grandes en términos de fuerza laboral y recursos naturales, han tenido pérdidas en su competitividad en el mismo periodo.

Estudiosos de diversas disciplinas han encontrado evidencia empírica de los beneficios positivos de la ciencia y la tecnología (CyT). Por ejemplo, los historiadores Mowery y Rosenberg,<sup>1</sup> y Hounshell y Smith,<sup>2</sup> han descrito diferentes casos en los que la CyT ha desempeñado un papel crucial para el éxito de empresas, y en general para el crecimiento económico de países. Algunos economistas también han encontrado amplia evidencia de los beneficios económicos, directos e indirectos, que la CyT trae consigo.

También ha sido ampliamente reconocido, entre estudiosos del tema, que los gobiernos deben invertir en CyT porque los beneficios sociales exceden los beneficios privados (Tabla 1) y por las fallas de mercado. La noción de falla de mercado se basa en el supuesto de

<sup>1</sup> David C. Mowery y Nathan Rosenberg, *Technology and the Pursuit of Economic Growth*, Cambridge University Press, 1989.

<sup>2</sup> David A. Hounshell y John Kenly Smith, *Science and Corporate Strategy: Du Pont R&D*, Cambridge University Press, 1986, pp. 1902-1980.

**Tabla 1**  
**Estimaciones de las tasas de retorno públicas y privadas**  
**del gasto en investigación y desarrollo del sector privado**

<i>Estudios</i>	<i>Tasa de retorno privada (%)</i>	<i>Tasa de retorno pública (%)</i>
Minnasian (1962)	25	—
Nadiri (1993)	20-30	50
Mansfield (1977)	25	56
Terleckyj (1974)	27	48-78
Sveikauskas (1981)	10-23	50
Goto y Suzuki (1989)	26	80
Mohnen y Lepine (1988)	56	28
Bernstein y Nadiri (1988)	9-27	10-160
Scherer (1982, 1984)	29-43	64-147
Bernstein y Nadiri (1991)	14-28	20-110

Fuente: Zvi Griliches, "R & D and Productivity: Econometric results and Measurement Issues", en Paul Stoneman (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Basil Blackwell, Oxford, Reino Unido y Cambridge, MA, 1995, p. 72; Ammon J. Salter y Ben R. Martin, "The Economic Benefit of Publicly Funded Basic Research: A Critical Review", *Research Policy*, núm. 30, 2001, pp. 509-532.

que la simple relación de mercado no produce los suficientes incentivos para que empresas e individuos inviertan en CyT recursos a un nivel óptimo. Los argumentos principales son:

- El conocimiento es un bien público, y como tal mucha gente lo puede usar y nadie puede evitar el uso de ese conocimiento. Esta característica, por un lado, hace que los gobiernos promuevan la creación de conocimiento que es útil para el desarrollo económico; sin embargo, también está relacionada con el hecho de que por esa misma razón las empresas no pueden apropiarse de todos los beneficios económicos de lo que invirtieron en CyT.

- Los resultados de la CyT son inciertos, por lo que no hay una estructura de precios adecuada que promueva la inversión en ella.
- El tiempo que tiene que pasar entre una publicación científica (conocimiento) y un incremento en la productividad es muy largo. Adams<sup>3</sup> estima un periodo de entre 20 y 30 años.

## Competitividad

La competitividad ha sido estudiada a escala de empresas o sectores, y a nivel de países. Este trabajo sólo tomará en cuenta la competitividad de países, pues es el principal tema de este foro. La competitividad ha sido analizada por varios organismos internacionales como el IMD, World Competitiveness Center, el World Economic Forum y el Fondo Monetario Internacional. Estos estudios comparan indicadores de cada país con los de los otros países incluidos en el estudio y de esta manera se crea una tabla de posiciones. A pesar de que estos análisis han sido sujetos a diversas críticas, principalmente en su examen en países en desarrollo,<sup>4</sup> su exploración puede dar una idea de la competitividad de los países en comparación con sus pares. En términos generales, la comparación de algunos indicadores cuantitativos es objetiva y útil para este propósito. No así la comparación de indicadores que son

<sup>3</sup> James D. Adams, "Fundamental Stocks of Knowledge and Productivity Growth", *Journal of Political Economy*, núm. 98, 1990, pp. 673-702.

<sup>4</sup> Sanjaya Lall, "Competitiveness Indices and Developing Countries: An Economic Evaluation of the Global Competitiveness Report", *World Development*, vol. 29, núm. 9, 2001, pp. 1501-1525.

producto de encuestas, las cuales pueden conllevar un grado alto de subjetividad.

A continuación se presentan algunos factores y criterios del estudio del IMD.<sup>5</sup> La razón de elegir este estudio sobre los otros es que incluye un apartado especial de “infraestructura científica”, el cual presenta indicadores relevantes para la discusión que tuvo lugar en el foro organizado por la Cámara de Diputados, y que dio origen a este volumen.

El análisis del IMD incluye a los 60 países más desarrollados del mundo. Se establecen cuatro factores básicos y cinco criterios por cada factor. A continuación se muestran los factores y los criterios.

- Comportamiento económico:
  - Economía doméstica
  - Comercio internacional
  - Inversiones internacionales
  - Empleo
  - Precios
- Eficiencia de gobierno:
  - Finanzas públicas
  - Política fiscal
  - Marco institucional
  - Legislación sobre negocios
  - Situación social
- Eficiencia de negocios:
  - Productividad y eficiencia
  - Mercado laboral
  - Finanzas
  - Prácticas de negocios
  - Actitudes y valores

<sup>5</sup> IMD, *IMD World Competitiveness Yearbook 2005*, Suiza.

- Infraestructura:  
Infraestructura básica  
Infraestructura tecnológica  
Infraestructura científica  
Salud y medio ambiente  
Educación

En la tabla de posición general, en 2005 México ocupó el lugar 56 entre los 60 países analizados. En 2001 tenía una mejor posición, el lugar 36. Lo más preocupante es que en el criterio de infraestructura científica México ocupa la última posición.

### **La infraestructura científica**

Algunos de los parámetros cuantitativos incluidos en este criterio son el gasto en investigación y desarrollo<sup>6</sup> (IyD), el personal dedicado a IyD, el número de artículos científicos y el número de patentes otorgadas a nacionales, entre otros. También hay parámetros que son producto de encuestas. Se han incluido únicamente dos. El primero se relaciona con qué tanto se cree que la investigación básica promueve el desarrollo económico a largo plazo, y el segundo con qué tan adecuadamente se obliga el cumplimiento de los derechos de propiedad intelectual.

Coincidimos con quienes opinan que una fuerte inversión en ciencia y tecnología no garantiza la competitividad de un país, aunque sin un nivel mínimo de inversión, tampoco es posible avanzar. El porcentaje del PIB destinado a ciencia y tecnología, como se ha

<sup>6</sup> Para los propósitos de este ensayo, ciencia y tecnología (CyT) es equivalente a investigación y desarrollo (IyD).

mencionado repetidamente, se ha mantenido a un nivel muy bajo, alrededor de 0.4%, desde hace muchos años. En este punto, el estudio del IMD<sup>7</sup> ubica a México en la posición número 54 y lo califica como uno de los 10 criterios más débiles del factor infraestructura. Finlandia, que fue calificada como el país más competitivo en el World Economic Forum, dedica 3.5% de su PIB a investigación y desarrollo.<sup>8</sup> También se ha señalado repetidas veces que la participación de la industria privada en México es muy pequeña, ya que la mayor parte de los recursos provienen del sector público.

En el rubro de personal dedicado a IyD por cada 1 000 en la fuerza laboral, México también ocupa uno de los últimos lugares (el lugar 45 de 49). En el número de artículos científicos, nuestro país ocupa una posición a media tabla (32 de 60) en términos absolutos, pero hay que tomar en cuenta que esta cifra no considera el número total de científicos e ingenieros o el tamaño de la población. En cuanto al número de patentes otorgadas de mexicanos, México ocupó el número 41 de 57, posición no tan desfavorable si consideramos el coeficiente de inventiva, el cual se define como el número de patentes solicitadas por nacionales por cada 10 mil habitantes. En México es de 0.05, mientras en Japón de 30.51, Corea 15.63, Estados Unidos de 6.7 y Brasil de 0.55.<sup>9</sup>

En cuanto a la investigación básica, México ocupa la penúltima posición, únicamente arriba de Venezuela, país que invierte un porcentaje similar de su PIB en IyD (0.46%). En cuanto a derechos de propiedad intelectual

<sup>7</sup> *Idem.*

<sup>8</sup> <http://www.chiefexecutive.net> (diciembre, 2005).

<sup>9</sup> Conacyt, *Indicadores de actividades científicas y tecnológicas 2004*, México, 2005.

tual, México también ocupó uno de los últimos lugares, con la posición 54.

### **Eficiencia en el gasto en IyD**

Como se mencionó en la introducción de este ensayo, existe un consenso de las contribuciones de la CyT a la competitividad y al crecimiento económico. Sin embargo, el monto del gasto en IyD en general, y en particular en los otros parámetros mencionados en el rubro anterior, no dan cuenta de la eficiencia con que se están utilizando los recursos en CyT. Con esto nos referimos a qué tanta innovación (aplicaciones comerciales exitosas) produce la CyT.

El número de patentes ha sido utilizado como indicador de la innovación de un país, sin embargo la comparación internacional de este indicador tiene limitaciones importantes debido a que no todas las patentes se llegan a comercializar exitosamente, a la diferencia en los criterios para el otorgamiento de patentes, a los costos de patentamiento y a las diferencias en el uso de patentes entre diversos sectores o industrias. Cohen, Nelson y Walsh.<sup>10</sup> documentan estas diferencias y muestran evidencia de que en prácticamente todas las industrias el secreto industrial es más utilizado que las patentes como medio de protección de la propiedad intelectual.

Con el objeto de mejorar la comparación internacional, se utiliza el número de patentes triádicas.<sup>11</sup> Las

<sup>10</sup> Wesley M. Cohen, Richard R. Nelson y John P. Walsh, "Protecting their Intellectual Assets: Appropriability Conditions and Why U.S. Manufacturing Firms Patent (or not)", NBER, reporte de trabajo 7552, 2000.

<sup>11</sup> OECD, *Economic Policy Reforms: Going for Growth 2006*, 2006.

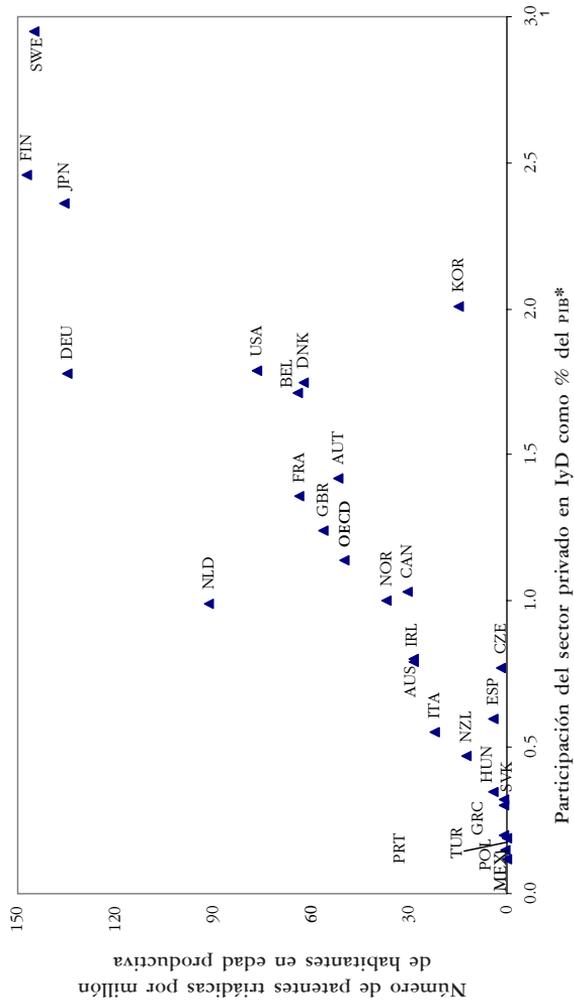
patentes triádicas son aquellas que han presentado solicitud en las oficinas de patentes europeas, japonesa y estadounidense. La Gráfica 1 muestra la relación entre patentes triádicas e inversión privada en CyT como porcentaje del PIB. Como es de esperarse, los países con mayor inversión son aquellos con mayor número de patentes triádicas generadas en relación con el tamaño de la población económicamente activa. En esta gráfica se observa también cómo México ocupa el último lugar.

Otros indicadores que pueden ser utilizados para medir la eficiencia en el gasto en IyD son el número de publicaciones por investigador, el número de citas por investigador y el número de citas por unidad del PIB. Si se compara a México con países de similar desarrollo como Argentina, Brasil, Sudáfrica, China o India, se observará que el nuestro es de los países que menos invierten en IyD y tienen menor participación del sector privado; que Chile y Sudáfrica tienen un número mayor de publicaciones y citas por investigador que México y que Brasil, a pesar de tener menor productividad por investigador, tiene un mayor número de citas por unidad de PIB. También se observa que hay una relación inversamente proporcional entre los países con mayor productividad científica (publicaciones y citas por investigador) y mayor productividad tecnológica (patentes por unidad de PIB), destacando en este último rubro China, India y Brasil.

## **Reflexiones finales**

Ante el crítico panorama de la competitividad del país, es imperativo que México empiece a competir en in-

Gráfica 1  
 Número de patentes triádicas por millón de habitantes en edad productiva  
 (2001) y participación del sector privado en el gasto en I+D (2003)



\* 2002 para Australia, Austria, Portugal, Suiza y Turquía; 2001 para Grecia y México.  
 Fuente: OECD, *Main Science and Technology Indicators Database*, 2003.

novación. Los recursos presupuestales son muy escasos, y un incremento de éstos para aumentar la capacidad innovadora significará necesariamente recortes en otros rubros, pero si no lo hacemos ahora, en unos años no habrá siquiera de dónde recortar.

Con frecuencia se piensa que sería suficiente con incrementar los recursos para organismos como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), pero esto no es tan simple. La capacidad innovadora se debe de impulsar con una asignación presupuestal que permita atender los siguientes aspectos:<sup>12</sup>

- Recursos para la innovación:
  - Ingenieros y científicos en la fuerza laboral
  - Acceso a educación superior y de posgrado
  - Disponibilidad de capital de riesgo
  - Infraestructura de información de alta calidad
- Acumulación de conocimiento:
  - Inversión en investigación básica
  - Acumulación de innovaciones
  - Sofisticación tecnológica
- Políticas de apoyo a la innovación:
  - Programas de subsidio y apoyo a la innovación
  - Incentivos fiscales a la IyD
  - Políticas y financiamiento a la educación superior
  - Políticas de protección a la propiedad intelectual

Quizá no hay consenso respecto a la tasa de retorno pública de la inversión en ciencia y tecnología, que puede ir de 30 a 160%, pero lo que no está en tela de

<sup>12</sup> Scott Stern, “Global Capital Markets and Local Innovative Capacity: Implications for American Economic and Technological Leadership”, presentación preparada para la reunión del Council on Foreign Relations: Innovation and Capital Markets, abril, 2005.

juicio es que el costo de no hacer hoy un sacrificio en otros rubros para invertir lo necesario en nuestra capacidad innovadora puede ser el de condenar a México a ser una economía inviable relativamente en el corto plazo.

# La innovación en México

*Leonardo Ríos Guerrero*

En esta presentación se abordará el tema de la innovación, es decir, de la transformación de conocimientos en aplicaciones industriales.

¿Cómo hacer negocio con la ciencia? Éste es el papel básico de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico, A.C. (ADIAT): establecer las mejores prácticas nacionales e internacionales para que la investigación y desarrollo tecnológico (IDT) genere ventajas competitivas. La creación de nueva ciencia es esencial, pero también su comercialización.

¿Por qué, si se hace ciencia muy buena en México, su comercialización no ha sido tan exitosa? Las políticas nacionales de ciencia y tecnología (CyT), aunque insuficientes, se han orientado más a la ciencia que a la tecnología. Las nuevas políticas deben también favorecer la innovación. Entre varios factores, uno de los mecanismos consiste en formar emprendedores que a través de innovaciones generen nuevas compañías. ADIAT difunde mejores prácticas para que además de la

invención se realice su escalamiento y la comercialización.

Otros mecanismos son aceleradoras de empresas tecnológicas, capital semilla para innovadores y última milla para la puesta en marcha de empresas del conocimiento.

Hacer negocio con descubrimientos científicos enfocados a resolver problemas nacionales, regionales y locales contribuirá a la competitividad y al bienestar social.

ADIAT fue creada hace 17 años para apoyar el desarrollo de sistemas de innovación a nivel nacional, regional o local por medio de mejores prácticas y leyes, como la del estímulo fiscal de 30% a la inversión privada en IDT. Éste es uno de los programas más exitosos que implantó Conacyt en este gobierno.

La Comisión de Ciencia y Tecnología presidida por el diputado Julio César Córdova Martínez ha logrado justificar hasta cuatro mil millones de pesos anuales para las empresas que están invirtiendo en ciencia y tecnología. Se debe mencionar que este estímulo no es una erogación directa de Hacienda. Primero las empresas invierten en proyectos de IDT. Al siguiente año, en su declaración anual de impuestos, pueden deducir hasta el 30% de la inversión realizada en proyectos.

Esta política ha logrado que varios centros de IDT de empresas internacionales se instalen en México. Por otro lado, se favorece la colaboración academia-industria, ya que se recurre a universidades y centros públicos de IDT para diseñar y completar los proyectos. Finalmente, se ha demostrado que esta inversión produce más de cuatro veces en ventas adicionales, obviamente con el pago correspondiente de impuestos adicionales.

El mecanismo de evaluación para la asignación de estímulos fiscales no ha sido tan transparente como debiera. ADIAT, con apoyo de Conacyt, está elaborando una norma mexicana (DGN) para definir y evaluar proyectos de IDT, así como para la certificación de los evaluadores. Así, los pares que aprueben los proyectos utilizarán conceptos homogéneos y certificables.

Respecto a la innovación, se necesitan varios procesos críticos operando simultáneamente y bien articulados, comenzando por la generación de iniciativas de IDT alineadas al mercado, proceso de desarrollo por etapas para control de incertidumbre, hasta el escalamiento y captura de valor. Como ya se mencionó, algunas etapas necesitan más difusión en nuestro país, como el establecimiento del caso de negocio del proyecto *a priori*, durante el proyecto y para la comercialización del nuevo producto.

De un análisis de países exitosos en innovación como Finlandia, Irlanda, Suecia y Estados Unidos, se encuentra que la inversión federal en CyT, de manera consistente, es superior al 1.5% del PIB, como mínimo. Se observa que en los países innovadores la inversión privada en IDT es superior a la aportación federal, lo que conduce a inversiones superiores al 3% del PIB en los países del llamado primer mundo.

En México, la inversión federal en CyT no se ha incrementado desde hace décadas. Menor al 0.4% del PIB es claramente insuficiente para generar un país innovador. En contraste, la inversión privada en IDT ha aumentado recientemente, gracias al estímulo fiscal. El año pasado representó ya la mitad de la inversión fiscal. En sincronía con este aumento privado se debería incrementar fuertemente la inversión fiscal, para que en pocos años se alcance el 2% del PIB en CyT.

Con tan bajas inversiones en este rubro, la selección y priorización de los recursos escasos resulta esencial. ¿Cómo se deben fijar las prioridades nacionales o regionales? Los proyectos de IDT se priorizan de acuerdo con su valor presente neto y tasa de retorno; de forma similar, para fijar prioridades nacionales o regionales se debe ligar la inversión al impacto económico potencial, ya sea en el PIB del país o en el PIB regional.

En general, las prioridades nacionales se han tratado de establecer con base en las capacidades científicas, que en México tenemos muchas reconocidas internacionalmente, pero desligadas del mercado potencial. Los problemas nacionales o regionales son multidisciplinarios y obviamente deben involucrar empresas estatales o privadas, que en conjunto con universidades y centros de IDT públicos realicen la innovación, es decir, la comercialización de los desarrollos científicos.

En relación con el desarrollo regional, el estado de Baja California es un ejemplo exitoso donde se ha favorecido la innovación. Además del *cluster* del vino, se han creado empresas nuevas de especialidades en electrónica, manufactura avanzada, materiales, entre otras, aprovechando la cercanía con San Diego.

En otros estados, como Nuevo León, el 40% de los empleos provienen de industrias mexicanas “grandes”, que compiten internacionalmente, como Vitro, Hylsa, Cuahutémoc, Cemex, Cydsa y Peñoles, entre otras, donde la inversión privada en IDT, en colaboración con universidades, les ha dado liderazgo nacional e internacional.

# Competitividad empresarial e innovación tecnológica

*Sergio Ampudia Mello*

El título de estos apuntes tiene dos propósitos útiles: en principio, llamar la atención sobre la relevancia de conocer los objetivos que pretende la creación y utilización de tecnología, lo que supone la vigencia de cierto arreglo social para su formulación; y, por otro lado, sugerir la conveniencia de revisar críticamente el valor agregado que el patrón tecnológico ofrece realmente a la actividad industrial, en la medida en que la ausencia de términos de referencias claros puede provocar que el desarrollo de tecnología suponga su pertinencia a la economía del país por sí mismo, es decir, que confunda los fines con los medios, contraviniendo su naturaleza instrumental para contribuir a la competitividad de la industria mexicana en un entorno de competencia que no registra ningún otro país de América Latina, como es el que se presenta con China, en cuanto a que ambas economías buscan la preferencia del mercado estadounidense, considerado el mayor del mundo.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Entre otros datos aportados por Arturo Oropeza García, se señala respecto a China que: “su comercio exterior, resultado de un

Por supuesto que el planteamiento es provocativo y no pretende descalificar los esfuerzos de las instituciones de investigación ni a las entidades públicas encargadas de promover la creación de conocimientos científicos y tecnológicos, pero sí expresar una profunda inquietud sobre la relación de la tecnología con la demanda industrial, porque de no ser por determinados programas gubernamentales y algunos estímulos fiscales (Avance, Última Milla, fondos mixtos y sectoriales, etcétera), dirigidos a promover la innovación tecnológica en nuevos productos, materiales y procesos productivos, no se observa un proyecto integral, sistemático, duradero y coherente, en función de objetivos a corto, mediano y largo plazo, que vaya a permitir el alineamiento de las estrategias orientadas a mejorar la disponibilidad tecnológica de los sectores y subsectores que tengan mayores ventajas competitivas hacia los mercados internacionales y que permita concentrar todos los recursos de la sociedad para preparar a la industria para competir con China.

Al respecto, Arturo Oropeza García afirma:

En este sentido la gran lección de China es que cuando hablamos de ella o nos enfrentamos a ella, en el terreno comercial lo estamos haciendo ante la fortaleza de un proyecto integral de Estado que desde hace 25 años ha venido definiendo previamente el territorio y las armas de sus batallas,

---

crecimiento económico pujante, se desarrolla anualmente en cifras superiores al 30% promedio, tanto en sus exportaciones, como importaciones, siendo a partir de julio de 2005, el primer exportador a Estados Unidos, dejando en el camino a Canadá y a México". Véase Arturo Oropeza García, "México-China. La invasión del gigante amarillo", en el suplemento Enfoque del periódico *Reforma*, núm. 610, 13 de noviembre de 2005.

las cuales vienen ganando *ante empresarios de los países en vías de desarrollo, que luchan solos e inermes, sin proyecto integral alguno.*<sup>2</sup>

A las objeciones que este planteamiento pueda provocar, habría que oponer dos argumentos adicionales: según los indicadores de competitividad del Foro Económico Mundial, en el año 2003 México ocupaba el lugar 47 entre 117 naciones; para el 2005 el país se encuentra en el lugar 60, lo que de constituir una tendencia debería causar una seria preocupación, cuando menos. Por otro lado, 97% de las empresas mexicanas son micro, pequeñas o medianas y no tienen la capacidad de desarrollar por sí mismas innovación tecnológica y menos aún identificar resoluciones tecnológicas para orientar sus actividades al mercado, lo que incrementa sus posibilidades reales de desaparecer en un escenario de competencia franca por el mercado.

Planteo, pues, que estamos en la coyuntura de reorientar el patrón de producción tecnológica del país, a efecto de incluir a la demanda industrial como la variable hegemónica en la formulación de las políticas públicas y en el despliegue de programas institucionales de tecnología a efecto de que el conocimiento tecnológico y sus desarrollos se adapten a las condiciones reales de la planta productiva nacional y de su entorno: que la inteligencia responda a la necesidad de cuidar las fuentes de empleo en el contexto de globalización y de mercado que ahora favorecen a nuestros competidores.

Podríamos apuntar, finalmente, que la política tecnológica a cargo del Estado debería proponerse crear las condiciones para que la demanda de la industria

<sup>2</sup> Arturo Oropeza García, *op. cit.*, p. 17.

sea la que oriente el desarrollo tecnológico conforme a determinadas medidas, como podrían ser, entre otras, las siguientes:

- Promover que el sector industrial genere una *demanda efectiva* de tecnología, favoreciendo los mecanismos que permitan que la determinación de la necesidad real de los subsectores o de las empresas fortalezca su capacidad de identificar soluciones tecnológicas (pasar de la demanda potencial a la demanda efectiva).
- Aprovechar los fondos sectoriales y mixtos existentes para que lleguen oportunamente a nuevos proyectos (admitir los costos de oportunidad tecnológicas).
- Crear un mecanismo de financiamiento que sirva para dar recursos como crédito-puente para acceder a los fondos federales de fomento (Ángel Capital), mientras se encuentra en trámite la obtención de éstos.
- Analizar el modelo de desarrollo seguido por China durante los últimos 25 años, a efecto de conocer sus fortalezas y debilidades y hacer el adecuado “aggiornamiento” que permita adaptarlo a las condiciones propias de nuestro país.

Los planteamientos que a grandes rasgos se abordan en estas notas merecen discutirse y revisarse a través de una deliberación más amplia y deben interpretarse como una opinión que, por provenir de un sector interesado, está legitimada para reclamar la conveniencia de readecuar la inserción de la tecnología de acuerdo con condiciones de competencia a las que nunca antes se había sometido la industria mexicana.

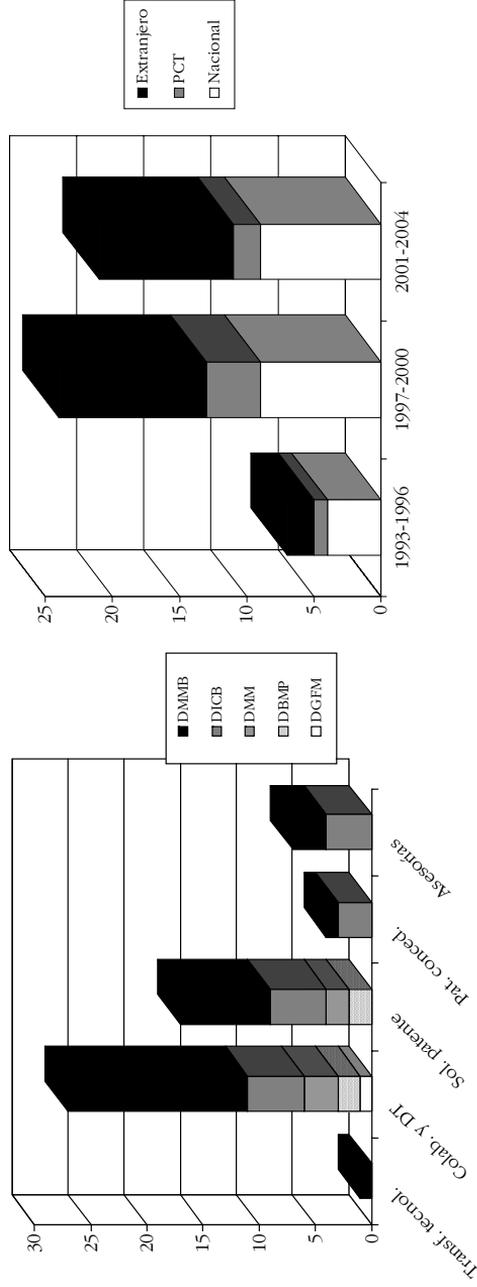
# Vinculación academia-industria: una visión desde la biotecnología

*Francisco Xavier Soberón Mainero*

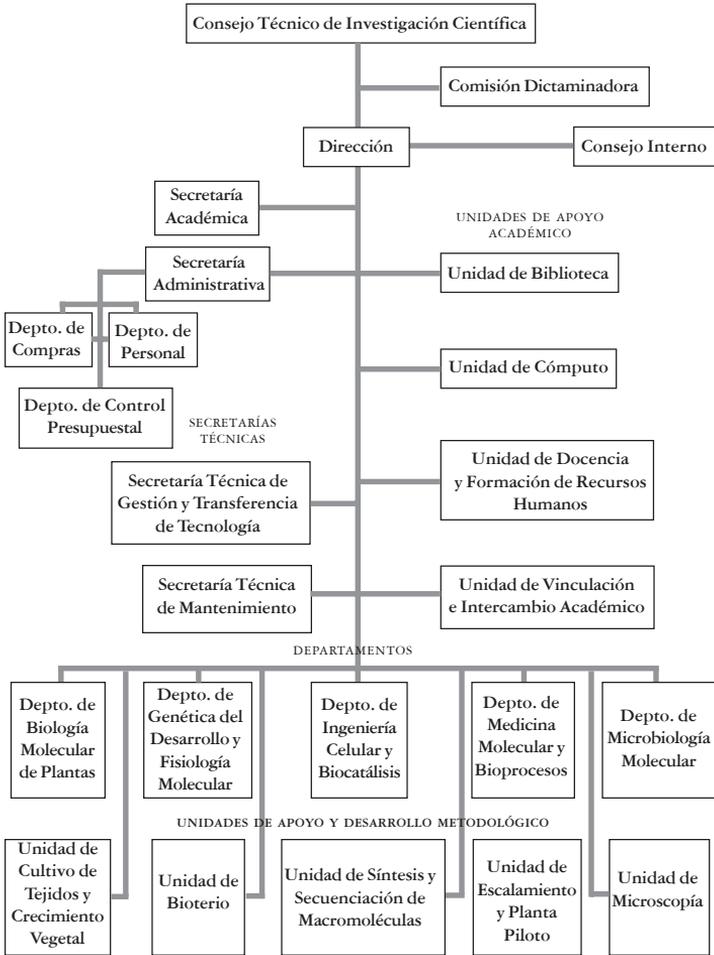
El Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en Cuernavaca, tiene como misión vincular el quehacer científico con el sector productivo. Para esto, pretendemos desarrollar la biotecnología de manera integral y multidisciplinaria, sustentada en investigación de excelencia académica y de frontera y en la formación de recursos humanos especializados. De hecho, en el instituto hay diversas actividades que tienen como fin vincularse al desarrollo tecnológico y tener mayor transferencia de tecnología; también contamos con servicios tecnológicos a las empresas. Es importante señalar que el instituto es líder en cuanto a las solicitudes de patentes y las patentes concedidas (véase Gráfica 1).

Las empresas con las que hemos tenido relación para hacer desarrollo tecnológico son tanto nacionales, públicas y privadas, como empresas, organizaciones y universidades en el extranjero: Probiomed, Silanes, Paion, Diversa, BASF, Allied Domecq, Pemex, Cornell, University of Sussex, Instituto Bioclón, Aventis, Enmex, Genencor International.

Gráfica 1  
Producción 2001-2004



# Esquema 1



Con la empresa PROBIOMED se colaboró en el establecimiento de la producción de biomoléculas de productos farmacéuticos basados en DNA recombinante; ésta es la primera empresa mexicana que hace esto. Además se hizo transferencia de tecnología para producir insulina humana recombinante.

Esto se logró con la estancia sabática de un investigador del instituto en esa empresa; de esa manera se contribuyó de manera sustancial a lograr que se pudiera tener este desarrollo tecnológico. La tecnología que usó la empresa es importada, pero la adaptación se hizo con la residencia de uno de los investigadores más destacados del instituto en esta área.

Otro tipo de vinculación, fue con la empresa Allied Domecq. La empresa quería investigar sobre el agave, porque ellos sabían sobre la uva y otros granos, pero no sobre este producto.

Entonces decidieron pagar investigación y los empresarios sugirieron que se hiciera en colaboración con la Universidad Nacional; y fue una gestión muy acertada, diría yo, de la coordinación de la investigación científica, porque promovió muchos proyectos de investigación en la UNAM; dos de ellos cayeron en el Instituto y ambos fueron renovados porque la empresa estuvo satisfecha con los productos de investigación. Y si bien no crearon un valor inmediatamente, sí crearon un insumo importante e interesante para la empresa: ir conociendo uno de sus componentes relevantes de la producción.

Con la empresa Shering/Paion se logró la obtención de un anticoagulante recombinante a partir de la saliva del vampiro, que, como mucha gente sabe, no existe en Europa; el vampiro es un animal exclusivamente americano y es parte de la biodiversidad tropical, allá

nada más existe en las novelas. Este desarrollo se basó en un descubrimiento, en una innovación hecha en México, por un investigador mexicano que recientemente recibió el premio nacional de ciencias en las áreas de innovación y de desarrollo tecnológico.

En este caso se elaboró un convenio de colaboración con esta empresa, con las etapas más tempranas de este proceso de innovación, que tenía varios vicios por lo que hubo que recurrir a trucos y, en verdad, a pelear sucio para lograr que la empresa eventualmente pagara la innovación, después de, claro, haber invertido una cantidad mucho mayor de dinero.

La invención costó 100 mil dólares, la innovación costó arriba de 50 millones de dólares. El día de hoy, este producto está en pruebas clínicas de fase tres y cuatro en Europa y Estados Unidos, y es muy posible que sea un producto farmacéutico completamente nuevo basado en una invención hecha en México.

La lección fue en gran parte sobre el proceso y la cantidad de recursos que se necesitan, y también sobre la necesidad de expertos para establecer buenos convenios.

Con Silanes/Bioclón, una empresa mexicana, hubo una contribución por parte del Instituto para el desarrollo de productos, en los que la empresa se ha convertido en líder mundial, que es la producción de antivenenos. Lo importante aquí es la consolidación de una relación de largo plazo (más de siete años y varios proyectos y desarrollos), en la cual la empresa ha ido generando más y más confianza en el equipo de investigación del Instituto, y ha ido generando, en conjunto con el sector académico, las ideas sobre cuáles son las áreas en las que puede ser innovadora, y lo ha sido en este terreno en virtud de ello.

Otra actividad relevante que hemos tenido es el Intercambio de Innovación, Ciencia y Tecnología, organizado por el gobierno del estado de Morelos con instituciones educativas del Reino Unido. Ellos estuvieron en Cuernavaca hace unos meses, el año pasado, y después organizamos una visita a Londres.

Llama la atención que sus quejas sean tan parecidas a las nuestras. Los británicos se quejan de que siendo una nación cuna de la ciencia, los científicos no se interesen por vincularse con la industria. En el Reino Unido se pierde gran parte de la invención porque no saben convertirla en innovación, proceso que dominan los estadounidenses.

Éstos sí se arriesgan, mientras que a los británicos, igual que a algunos de nosotros, no les gusta arriesgarse y ésta es una actividad arriesgada.

También en Morelos tenemos actividades de vinculación, basadas en el hecho de que este estado es el que tiene mayor densidad de investigación del país; si uno tomara las estadísticas de manera amañada, demostraría que Morelos es claramente una excepción parecida al primer mundo, y aunque no es totalmente cierto, sí lo es en algunos de sus indicadores.

Hay un centro morelense en innovación y transferencia de tecnología que fue creado con el fondo mixto y en donde estamos empezando a trabajar en vincular a las empresas con el sector académico; además contamos con una nueva oficina de vinculación del *Campus* Morelos de la UNAM. Tenemos mucha confianza en que en este espacio podrá darse una mayor promoción de la vinculación de la UNAM con la industria.

En síntesis, la innovación es un proceso complejo y arriesgado, de hecho la tasa de éxito suele ser mucho menor al 20%, dependiendo de dónde empezemos.

Es tan complejo que incluso el Reino Unido se siente rezagado en relación con otros países para hacer vinculación e innovación. Es necesario trabajar desde las dos direcciones: academia hacia industria e industria hacia academia. Otros trabajos en este mismo volumen destacan, y estoy enfáticamente de acuerdo, que en la academia no conocemos bien todos los procesos que ocurren en las industrias, y en las industrias no están familiarizados con la naturaleza del trabajo científico. El trabajo de fomento y de facilitación corresponde a los gobiernos en los diferentes poderes.

La innovación puede surgir desde la necesidad de la industria o desde la prospección de la academia. Yo he visto claramente ocurrir las dos cosas, pero los fomentos se dan en la interfase. El punto clave donde se puede hacer el fomento es trabajar para lograr que exista la interfase.

La interfase no es que los científicos hagan tecnología, ni que las empresas hagan la investigación científica de manera sustancial, sino lograr que exista una interfase que comunique, crear las flechas, pero unas flechas bien pobladas y bien robustas.

Estas interfases en México son virtualmente inexistentes, la primera tarea es crearlas. Y en ese sentido podrían orientarse las políticas públicas. En todas las vertientes se requiere trabajo concertado, poblar con expertos y profesionales cada uno de estos ámbitos:

- La evaluación de viabilidad y asesoría en protección de propiedad intelectual y elaboración de contratos.
- El financiamiento a las diferentes etapas: desarrollo de invención hasta prototipo, creación de empresa, consolidación y comercialización.

- Fomento de diversos niveles de vinculación (asesorías, convenios de desarrollo y transferencia de tecnología).

Hay que tomar riesgos y generar una relación de mutua comprensión y confianza entre los ambientes académico y empresarial.

Se requiere desarrollar bases de datos actualizadas, actividades de encuentro y vinculación, programas sencillos, como posdoctorales y sabáticos, en la industria, financiados y fomentados desde ambos lados, así como residencias de técnicos y empresarios en los laboratorios de investigación.

Para terminar, insisto, lo primero que hay que hacer es generar ese sustrato de recursos humanos en la interfase entre la ciencia y la tecnología. Los instrumentos concretos de fomento pueden apoyarse en la Ley de Ciencia y Tecnología a través del manejo de los fondos Conacyt y de los incentivos fiscales.

Estas políticas pueden empezarse en cualquier momento, no importan los tiempos políticos ni presupuestales, porque hacer funcionar bien una ley y sus instrumentos, no depende de que ya existan los recursos ni de que no sepamos quién va a ganar unas elecciones.

# Estrategias basadas en la ciencia y la tecnología para incrementar la competitividad en México

*Rosalinda Contreras Theurel*

En este volumen se analizan ampliamente la competitividad y la innovación, los nuevos proyectos y el futuro.

Yo pretendo aportar a esta discusión ofreciendo un toque positivo y optimista. De esta manera, presento el caso del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav) como un caso de trabajo cumplido en este sentido y que tiene ya historia.

No discutiré de lo que se puede hacer: voy a presentar lo que ya se hace en México y sobre todo subrayar que en nuestro país tenemos un amplio espectro de posibilidades para salir adelante.

No debemos perder de vista que en la construcción de este país no tenemos que empezar en cada sexenio desde cero, como se hacía en el mundo prehispánico, donde cada 52 años empezaba el ciclo y había que quebrar o quemar lo que se había construido y empezar de nuevo.

También me es claro que México tiene muy buenas bases para trabajar en la innovación y la competitividad, para labrarse un futuro próspero.

Describiré someramente cuáles para mí son las estrategias para la competitividad. En primer lugar está la educación de calidad en todos los niveles y la formación de cuadros, es decir, de los intelectuales, a través de la investigación científica básica y aplicada; después el trabajo de los científicos para que las regiones de este país prosperen y cuenten con posgrados de calidad; el mejoramiento de la infraestructura científica; el impulso a proyectos para el desarrollo nacional y la promoción de la colaboración nacional, entre otras. En mi opinión, lo que tenemos en México es desgraciadamente una comunidad que no busca consensos ni trabaja coordinadamente y en grupos. Para ser mejores y salir beneficiados necesitamos trabajar todos juntos.

También es necesaria la promoción de los valores éticos, y éste es un asunto fundamental. Hemos visto cómo crece la idea de que para progresar es necesario hacer cosas indebidas, y esto se da en todos los niveles: en el periodismo, en el medio político, etcétera.

En relación con las estrategias para el desarrollo de la innovación, el Cinvestav cumple cabalmente con ellas desde su creación en 1961, cuando fue creado por decreto presidencial como un organismo descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio; es decir, se trata de un centro de investigación autónomo.

¿Qué ofrece el Cinvestav? Bueno, ofrece la formación de los mejores cuadros en ciencia y tecnología y el desarrollo de investigación científica básica y aplicada.

Este modelo que adoptó el Cinvestav desde 1961 fortalece a la ciencia, la tecnología y al desarrollo industrial en las regiones de México mediante la formación de cuadros y de realizar investigación científica

para resolver problemas nacionales. Esa última frase es muy importante para el Cinvestav.

Sin duda la calidad es fundamental para cualquier proyecto. Sin calidad no puede construirse nada, y en cuestiones de educación nuestra institución tiene, por ejemplo, un gran cuidado para que todos los investigadores estén doctorados, que estén en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI); asimismo, que todos nuestros posgrados estén acreditados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). El 10% de nuestros investigadores ha recibido premios, como el Premio Nacional de Ciencia y el de la Academia Mexicana de Ciencia. Hay además un número considerable de reconocimientos internacionales al trabajo de nuestros investigadores.

El Cinvestav contribuye en todos los aspectos de la actividad científica, haciendo investigación básica y aplicada, patentando a nivel nacional e internacional; haciendo transferencias de proyectos tecnológicos a las industrias, pero, sobre todo, produciendo líderes en ciencia y tecnología.

Si consideramos que en México el Sistema Nacional de Investigadores cuenta con aproximadamente 12 mil miembros, entonces la contribución del Cinvestav en formación de líderes ha sido importante, pues esta institución ha preparado seis mil doctores y maestros en Ciencias para este país.

¿Pero cómo se inserta el Cinvestav en el mapa de la ciencia y la tecnología nacional? Todo el sistema de ciencia y tecnología de México se organiza en cuatro grandes grupos: el Sistema Conacyt, con 28 centros y cerca de dos mil investigadores, que corresponde al Ramo 38. Otro grupo lo constituyen los institutos de investigación de otras secretarías, la de Energía, Econo-

mía, Agricultura, Salud, etcétera. Éstos son alrededor de 25 centros de investigación que albergan cerca de 2 500 investigadores. El tercer grupo lo forman las universidades públicas, las 30 universidades tienen en conjunto alrededor de cinco mil investigadores. En el cuarto grupo está el Sistema Cinvestav, que es un sistema de centros de investigación que pertenece a la Secretaría de Educación Pública, con 11 unidades regionales y 560 investigadores. Presupuestalmente estamos en el rubro 11, como las universidades públicas.

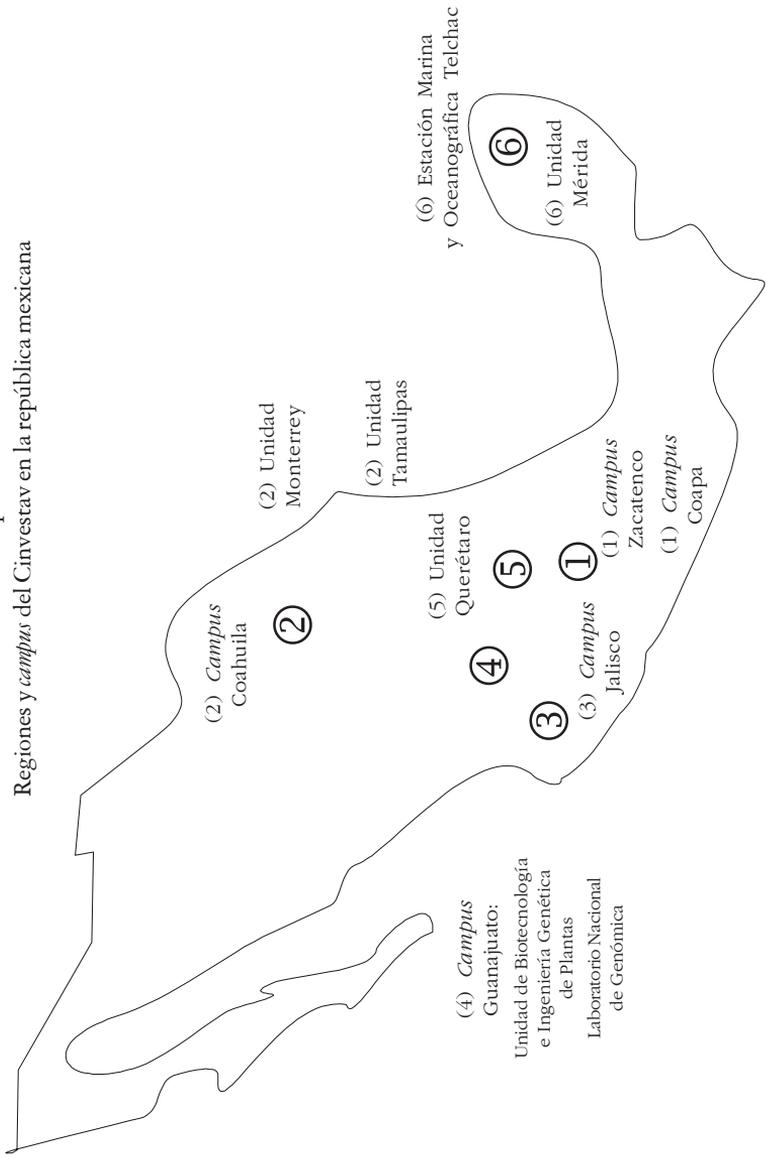
El Cinvestav ha cuidado todo este tiempo tener programas de posgrado de gran calidad. Actualmente tenemos 19, competentes a nivel internacional; en este sentido tenemos el liderazgo del país. El reconocimiento de posgrado competente en el plano internacional es el que otorga el Conacyt a aquellos posgrados que son de clase mundial.

Respecto a la labor del Cinvestav en seis regiones del país, se cuenta con un sistema de centros que cultivan temas de investigación orientados a resolver problemas en los estados. El Cinvestav ha logrado sensibilizar a los gobiernos para hacer alianzas que permitan desarrollar ciencia y tecnología de interés regional y de esta manera se promuevan las industrias y el empleo. En el Mapa 1 pueden distinguirse los diferentes campus del Cinvestav en la república mexicana.

En el *Campus* Coahuila se hace la investigación dedicada a las industrias regionales, desde la minería, la metalurgia, la cerámica, la manufactura, la electrónica industrial y, sobre todo, un proyecto de energías renovables. En este lugar, nuestros investigadores trabajan con empresas buscando la solución a problemas de las industrias, y no se persigue a nadie por trabajar con la empresa, porque se sigue un procedimiento: la

Mapa 1

Regiones y *campus* del Cinvestav en la república mexicana



empresa solicita a la institución la resolución de problemas, la institución es la responsable de atender la petición y todo se hace correcta y legalmente; lo inadecuado sería que los investigadores usen la infraestructura institucional para dar asesorías personales.

En el *Campus* Yucatán trabajamos en ciencias ambientales; el problema del clima es un asunto muy importante para nosotros. Energías renovables, recursos marinos y terrestres, ecología humana, salud, epidemiología y educación se abordan en este *Campus*.

El Cinvestav cuenta también con una estación marina y oceanográfica en Telchac para la investigación ambiental en el Golfo de México y el mar Caribe. Ahí se estudian aspectos de oceanografía física, la biología de los arrecifes, maricultura, lagunas costeras, etc. Asimismo el Cinvestav desarrolla proyectos en acuicultura, pesquerías, vigilancia ecológica, etcétera, con pequeños empresarios de la región.

El *Campus* Guanajuato tiene dos unidades, una de biotecnología de plantas y bioingeniería vegetal que trabaja con empresarios agricultores para mejoramiento de especies vegetales, y desde hace dos años se cuenta con el Laboratorio Nacional de Genómica para la biodiversidad que ofrece servicios de secuenciación genómica. Con este laboratorio el Cinvestav dispone de grandes facilidades para hacer la secuenciación genómica y para proteger en este país al tesoro genético de la biodiversidad de las especies mexicanas. También se hace investigación básica y se forman recursos humanos en este tema, los cuales ayudan a mejorar la calidad de los alimentos en México.

El *Campus* Jalisco desarrolla investigación y tiene posgrados relacionados con la electrónica, el diseño electrónico, diseño de *software*, telecomunicaciones.

Este *Campus*, con sus servicios tecnológicos, ha sido el eje del desarrollo tecnológico en estos temas en Jalisco, y uno de sus proyectos importantes es preparar 500 ingenieros en diseño electrónico para las industrias regionales, lo cual ha atraído a muchas empresas a Jalisco. En este sentido, hay una alianza positiva y de ganar-ganar con las empresas del ramo y el gobierno de Jalisco.

La Unidad Tamaulipas, recientemente iniciada a petición del gobierno de Tamaulipas y de los empresarios del estado, está dedicada a las ciencias y las tecnologías de la comunicación; hace desarrollo de *software*, diseño electrónico y telecomunicaciones respondiendo al programa de Tamaulipas de basar parte de su desarrollo económico en empresas de *software*.

El *Campus* Querétaro está dedicado a las ciencias de materiales, la electrónica, la química y las matemáticas industriales. En este tema el grupo ha logrado una integración muy fuerte con las empresas de la región para resolver problemas tecnológicos en estos campos y con un excelente posgrado en la materia.

El *Campus* Zacatenco es el más grande del Cinvestav, se encuentra al norte de la ciudad de México. Aquí se concentran los grupos de investigación en ciencias exactas y de la salud, biotecnología e ingeniería eléctrica y matemáticas educativas.

El *Campus* Coapa, en el sur de la ciudad de México, se especializa en ciencias de la salud, y tiene además un departamento en investigaciones educativas. A través de este departamento el Cinvestav ha trabajado por cerca de 30 años con la Secretaría de Educación Pública para la generación de los libros de texto, las evaluaciones de los programas educativos, los programas de mejoramiento de los maestros, etcétera. Éste es

un ejemplo que muestra que si bien el gobierno de México no puede considerarse como una empresa, sí es un demandante de servicios de ciencia y tecnología, que con mucho gusto atiende el Cinvestav.

El *Campus* Monterrey está formado por un grupo interdisciplinario. Por ser más moderno ha permitido que el Cinvestav haya adoptado un nuevo modelo de trabajo e interacción entre los científicos de diferentes disciplinas; todos juntos en un mismo grupo pueden desarrollar exitosamente proyectos de ciencias para la salud y educación de las ciencias. Para el primer proyecto los grupos cuentan con física médica, ingeniería biomédica, biomedicina y pronto tendremos química para la salud.

En total, el Cinvestav tiene 555 proyectos subvencionados por diferentes agencias internacionales además del gobierno federal. También somos usuarios importantes del Conacyt, el cual otorga las dos mil becas anuales a nuestros estudiantes de posgrado y apoya un número considerable de proyectos de investigación.

A continuación describiré brevemente algunos de los proyectos representativos de nuestra institución.

El Cinvestav inició desde hace más de dos años el mapeo genómico del maíz, y en septiembre de este año estaremos terminando su secuenciación, del el doctor Luis Herrera es el jefe del proyecto. Este, en nuestra opinión, es el proyecto más grande del sexenio, con un apoyo de 50 millones de dólares. Otras especies importantes como el frijol y el chile se están secuenciando. Además este grupo está secuenciando también algunas bacterias de Cuatro Ciénegas, y estamos ofreciendo algunos servicios para nuestros colegas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), como la secuenciación de la *Tenia solium*, etcétera.

Tenemos también otros proyectos importantes de la “gran ciencia” o “*big science*” en la que México participa en los experimentos para determinar la naturaleza de las partículas más pequeñas de los núcleos de los átomos. Estos proyectos se hacen en colaboración con el Centro de Investigaciones Nucleares de Ginebra (CERN) y en ellos el Cinvestav construye parte de los detectores que serán usados para que los científicos de todo el mundo puedan investigar la naturaleza infinitamente pequeña de la materia.

Otros proyectos son, por ejemplo, la construcción de robots para asistir en cirugías laparoscópicas; nuevos dispositivos basados en luz, en lugar de electrones, para la construcción de instrumentos y un programa institucional de energías renovables.

Otro proyecto es la implementación de una grid (conjunto) de computadoras para hacer cálculo molecular de avanzada en química. Asimismo, contribuimos tanto con la SEP para mejorar todos los niveles de educación básica, como en el desarrollo de vacunas para que las empresas farmacéuticas mexicanas las produzcan y se proteja a la industria pecuaria.

Otros proyectos son la asistencia y asesoría de las empresas metalúrgicas del norte del país, con las cuales hemos hecho una gran asociación. Así como la vigilancia y el monitoreo de las reservas de la biosfera, de las selvas yucatecas y del mar Caribe, e investigación en biomedicina y medicina genómica.

Y bueno, esto es simplemente un pequeño esbozo del panorama de las ciencias en el Cinvestav y su influencia en la innovación industrial.

Últimamente se han oído voces que repiten que los científicos necesitan dinero, y sin duda eso es muy importante, pero lo que no se dice es qué pueden hacer

los científicos por México. Nosotros creemos que hay una enorme posibilidad de desarrollar el México competitivo, lo único que hay que hacer es ponerse a buscar esas oportunidades de desarrollo.

También creemos que tenemos la obligación de hacer que la ciencia y los investigadores trabajen para México. Se han logrado muchas cosas en las décadas pasadas, no todo es negativo, no todo es sólo pedir dinero; si los que poseemos la preparación científica damos, vamos a recibir muchos más recursos del presupuesto, no sólo del gobierno federal, sino de las empresas.

Es necesario ya hablar de victorias porque seguro las podemos lograr si nos asociamos y trabajamos juntos, dejando a un lado nuestro deporte nacional, que es el golpear al vecino para sobresalir, pues eso es lo peor que una comunidad científica puede hacer.

# El impacto de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de México

*David Romo Murillo*

## Introducción

El objetivo de este documento es explorar en qué medida el diseño institucional del sistema de ciencia y tecnología, así como la inversión que en la materia realizan 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 la siguiente sección 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 los que dispone el gobierno para alentar el desarrollo tecnológico. Tal como lo nota la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD),<sup>1</sup> las inversiones

<sup>1</sup> OECD, *Innovation Policy and Performance: A Cross-Country Com-*

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, etc. Como lo refiere el citado reporte, el impacto de la innovación sobre estas y otras 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 el funcionamiento del denominado sistema nacional de innovación mexicano, el cual es discutido en la tercera sección.

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

---

*parison*, Organization for Economic Cooperation and Development, París, 2005.

innovadores y competitivos a escala 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 la quinta sección 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. La sexta sección discute la importancia de dinamizar el sistema mexicano de innovación y, para concluir, en la última sección se ofrecen algunos comentarios finales con base en el diagnóstico realizado a lo largo del documento.

### **El papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo económico y social**

Nuestra intención en esta sección es discutir brevemente el papel que la ciencia y la tecnología tienen

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 partir 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>2</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 mediante de la introducción en el mercado de un producto que genere ganancias. El Cuadro 1 presenta un contraste entre ambas comunidades de acuerdo con varios parámetros de comparación.

Los conceptos de *invención* e *innovación* están entonces íntimamente relacionados con los de *ciencia* y

<sup>2</sup> Maryann P. Feldman, Albert N. Link y Donald S. Siegel, *The Economics of Science and Technology: An Overview of Initiatives to Foster Innovation, Entrepreneurship and Economic Growth*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002.

Cuadro 1  
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
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, Science, Technology and Industry Outlook*, Organization for Economic Cooperation and Development, París, 2004a.

*tecnología*. *Invencción* hace referencia 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 *et al.*,<sup>3</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>4</sup>

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

<sup>3</sup> *Ibidem*.

<sup>4</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 Donald E. Stokes, *Pasteur’s Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*, Brookings Institution Press, Washington, D.C., 1997. En lugar de ser lineal, afirman, el proceso innovador está caracterizado por complicadas retroalimentaciones, así como relaciones interactivas entre la ciencia, la tecnología, el proceso de aprendizaje, producción, políticas implementadas y demanda.

1. A partir 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. Mediante 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>5</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>6</sup> en el cual el economista ganador del Premio Nobel concluye que entre 1909 y 1949 aproximadamente, el 87% del crecimiento experimentado por Estados Unidos no podía ser explicado sólo por el crecimiento del capital y de la mano de obra; otros

<sup>5</sup> El papel que ha desempeñado 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, Chris Freeman y Luc Soete, *The Economics of Industrial Innovation*, The MIT Press, Cambridge, 1997.

<sup>6</sup> Robert Solow, "Technological Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, vol. 39, núm. 3, 1957, pp. 312-320.

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 partir 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 la década 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 desempeña un papel fundamental en el crecimiento económico.<sup>7</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>8</sup> A este respecto, es necesario

<sup>7</sup> OCDE, *Understanding Economic Growth*, Organization for Economic Cooperation and Development, París, 2004.

<sup>8</sup> Con base en la definición del *Manual Oslo* de la OCDE, *Oslo Manual-Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data*, Organization for Economic Cooperation and Development, París, 1997, la *innovación tecnológica de un producto* consiste en la implementación/comercialización de un pro-

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 apropiarse 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 un consenso generalizado en el sentido de que el gobierno debe tener 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

---

ducto 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), y novedad mínima (un producto o proceso nuevo para la firma).

que el gobierno debe desempeñar 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, sí 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 mediante diversas modalidades (becas, créditos, subvenciones, estímulos fiscales, etc.), 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 con la imposición de estándares 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 sub-inviertan en el desarrollo de proyectos tecnológicos (tal como se discutió antes) 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 por medio 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 atiendan 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 estimular la interacción entre los agentes y las 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 encuentra 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>9</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.

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 el Cuadro 2 presentamos esta clasificación para el caso de México.

El cuadro muestra asimismo que, para el caso mexicano, las tres áreas de acción señaladas arriba (ambien-

<sup>9</sup> Los ejemplos clásicos de los países industrializados son la industria de la defensa y de la aeronáutica y el espacio.

te 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 referiremos a la estructura y articulación de este sistema para el caso mexicano.

### **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* (SNI) empleado por varios países y organismos internacionales. Para nuestros propósitos, podemos definir el SNI 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 y regulación de la generación de conocimiento.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Al fomento de tales interacciones la OCDE, *Dynamising National Innovation Systems*, Organization for Economic Cooperation and Development, París, 2002, le denomina *dinamizar* los sistemas nacionales de innovación.

**Cuadro 2**  
**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>
Creación de un ambiente regulatorio propicio para la innovación		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Política de respeto a la propiedad intelectual por medio 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>

<p>Otorgamiento de estímulos a la empresa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentivo fiscal</li> <li>• Fondo Sectorial de la Secretaría de Economía</li> <li>• Programa Avance:</li> <li>• Fondo Emprendedores Conacyt-Nafin</li> <li>• Fondo de Garantías para el Fomento Tecnológico Conacyt-Nafin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema Integrado de Información sobre Investigación Científica y Tecnológica (SIICT):</li> <li>• Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (Reniecyt)</li> </ul>
<p>Fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica</p>	<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>	

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 SNI 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 SNI mexicano está más allá de los objetivos del presente capítulo, pero varios autores ya han avanzado en dicha tarea, coincidiendo en la siguiente lista de deficiencias de lo caracterizan:<sup>11</sup>

- Los esfuerzos de los actores involucrados se encuentran aislados y no han articulado una verdadera red de apoyo al desarrollo tecnológico.
- Existen débiles eslabonamientos 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.

<sup>11</sup> Véase, por ejemplo, Mario Cimoli, *Developing Innovation Systems: Mexico in a Global Context*, Continuum, 2000, quien analiza diferentes aspectos del sistema de innovación mexicano. Las falencias que se mencionan, sin embargo, no son exclusivas del caso mexicano: Ludovico Alcorta y Wilson Peres, "Innovation Systems and Technological Specialization in Latin America and the Caribbean", *Research Policy*, vol. 26, 1998, pp. 857-881, caracterizan en los mismos términos a los sistemas nacionales de innovación de otros países latinoamericanos.

El diagnóstico del sistema realizado en la integración del Plan Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006<sup>12</sup> confirma estos resultados al concluir que éste no opera como sistema debido a la falta de la “institucionalización” de las relaciones y los 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 y las instituciones involucradas), el concepto resulta aún 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 SNI, a continuación definimos las instituciones y actores relevantes del mismo.

De acuerdo con Edquist y Johnson,<sup>13</sup> las funciones de las instituciones involucradas en el sistema son, entre otras: *a)* reducir la incertidumbre al proporcionar información; *b)* alentar la cooperación y manejar conflictos; *c)* proporcionar incentivos; y *d)* canalizar recursos hacia las actividades innovadoras. Casalet<sup>14</sup> propone la taxonomía que se muestra el Cuadro 3 de las instituciones mexicanas que apoyan la innovación, la cual comprende cuatro categorías:

<sup>12</sup> Conacyt, *Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Ciudad de México, 2001.

<sup>13</sup> Charles Edquist y Björn Johnson, “Institutions and Organizations in Systems of Innovation” en Charles Edquist (ed.), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, Pinter, Londres, 1997.

<sup>14</sup> Mónica Casalet, “The Institutional Matrix and its Main Functional Activities Supporting Innovation”, en Mario Cimoli (ed.), *Developing Innovation Systems: Mexico in a Global Context*, Continuum, Londres, 2000.

- a) Instituciones que proporcionan incentivos financieros y fomentan el desarrollo productivo.
- b) Instituciones que proporcionan información y reducen la incertidumbre.
- c) Instituciones especializadas en sectores específicos.
- d) 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 *et al.*,<sup>15</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 con Casalet,<sup>16</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

<sup>15</sup> Mario Capdevielle, Mónica Casalet y Mario Cimoli, *Sistema de innovación: el caso mexicano*, proyecto interdivisional CEPAL/GTZ FRG/98/S24, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, 2000.

<sup>16</sup> Mónica Casalet, *Redes de innovación en la construcción del mercado en México*, Biblioteca de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa, núm. 11, Nacional Financiera, México, 1999.

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 partir de la empresa que las invenciones se traducirán en innovaciones que agreguen valor y generen empleos y mayores ganancias mediante 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. La Figura 1 indica el origen de las innovaciones introducidas al mercado en producto y en proceso con base en los resultados de la Encuesta Nacional de Innovación (ENI) con datos del año 2000. De ésta 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

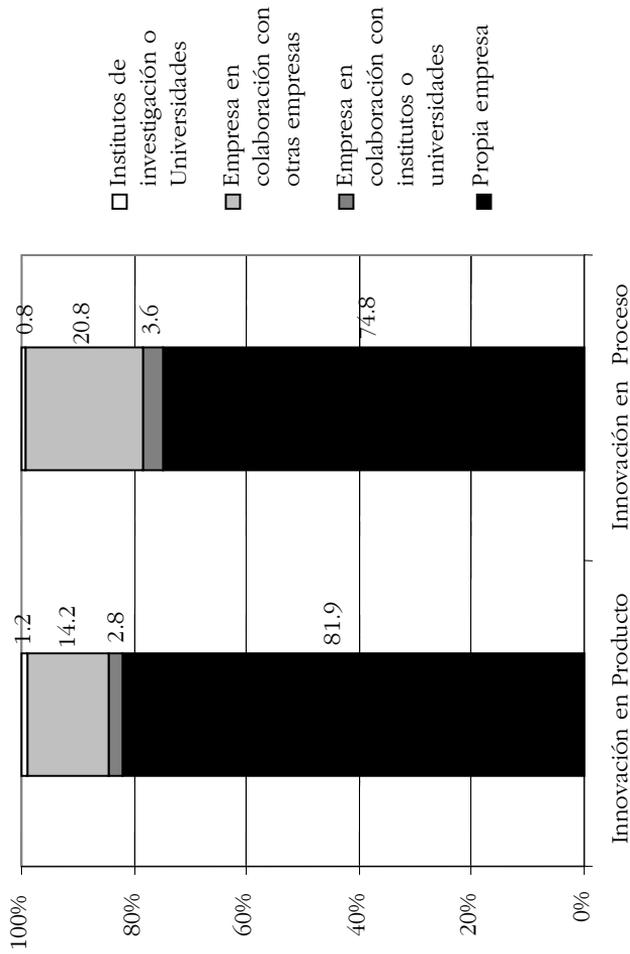
**Cuadro 3**  
**Instituciones que apoyan la innovación en México**

<i>Función</i>	<i>Área</i>	<i>Instituciones</i>
Proporcionar incentivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyar los esfuerzos de innovación en las empresas por medio 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>	<p>Conacyt</p> <p>Nacional Financiera (Nafin)</p> <p>Banco de Comercio Exterior (Bancomext)</p> <p>Secretaría de Economía</p> <p>Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI)</p>
Proporcionar información y reducir la incertidumbre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estandarización</li> <li>• Certificación</li> <li>• Cultura de calidad</li> <li>• Capacitación</li> </ul>	<p>Instituto Mexicano de Normalización y Certificación (IMNC)</p> <p>Corporativo Calidad Mexicana</p> <p>Certificada (Calmecac)</p> <p>Centro Nacional de Metrología (Cenam)</p>

<p>IMPI Fundación Mexicana para la Calidad Total (Fundameca) Infotec Red Cetro-Crece</p>		
<p>Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ)</p>	<p>Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ)</p>	<p>Realización de IyD en sectores específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instituciones que proporcionan apoyo tecnológico en sectores específicos (petróleo, electricidad, nuclear, hidráulico)</li> </ul>
<p>Sistema de Centros de Investigación Conacyt</p>	<p>Sistema de Centros de Investigación Conacyt</p>	<p>Realización de IyD en ciencia básica y desarrollo tecnológico regional</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación de recursos humanos a nivel de posgrado</li> <li>• Servicios de consultoría</li> <li>• Investigación</li> </ul>

Fuente: Casalet, 2000.

**Figura 1**  
**Origen de los productos y procesos innovados**



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la ENI.

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 SNI 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 (por medio 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, como los consejos estatales de ciencia y tecnología con los que ya cuenta la mayoría de las entidades.

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 (ONG) y fundaciones. Este sector resulta de importancia ya que constituye un canal para recibir financiamiento y transferir tecnología, o bien para aprender otras prácticas internacionales que puedan aportar un beneficio a la situación mexicana.

De esta forma, la estructura completa del SNI se muestra en la Figura 2. En ésta se indican los lazos en ambos sentidos para enfatizar las relaciones de reciprocidad entre todos los actores identificados.

Si bien nos referimos al sistema de innovación a nivel nacional, debemos enfatizar que el proceso inno-

**Figura 2**  
**Estructura del sistema nacional de innovación**



Fuente: Elaboración propia.

vador 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 *et al.*<sup>17</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:

1. La infraestructura común de apoyo a la innovación (análisis nacional).
2. El ambiente específico de desarrollo de los principales *clusters* industriales (análisis regional y sectorial).
3. 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

<sup>17</sup> Jeffrey L. Furman, Michael E. Porter y Scott Stern, "The Determinants of National Innovative Capacity", *Research Policy*, vol. 31, 2002, pp. 899-933.

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.

### **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 esta sección discutiremos 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 a las 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.

### *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 (LCT) 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 nueva Ley de Ciencia y Tecnología 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 Ley de Ciencia y Tecnología, 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. De esta manera, podemos identificar cuatro áreas que tienen un efecto particularmen-

te 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 expor-

taciones se concentra en sectores como el automotriz y la electrónica, que fueron precisamente los más favorecidos por la IED.<sup>18</sup> De esta forma, la composición de las exportaciones mexicanas cambió radicalmente: mientras que a principios de la década de los setenta éstas se encontraban dominadas por productos primarios, hacia mediados 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 tecnología y habilidades gerenciales que desempeñan 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.

<sup>18</sup> 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 y 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 estadounidense. 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.

- Generación de derramas tecnológicas de las empresas extranjeras hacia el sector doméstico de la economía.<sup>19</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 qué grado las mejoras tecnológicas en empresas extranjeras afectan las capacidades tecnológicas nacionales.

Respecto a la *propiedad intelectual*, podemos definirla 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 invenciones o innovaciones (Conacyt).<sup>20</sup> El sistema de patentes está diseñado para crear un mercado

<sup>19</sup> 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 a Gene M. Grossman y Elhanan Helpman, *Innovation and Growth in the Global Economy*, The MIT Press, Cambridge, 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). David Romo Murillo, *Inversión extranjera, derramas tecnológicas y desarrollo industrial en México*, Fondo de Cultura Económica, México, 2005, explora en detalle este aspecto para el caso de la industria manufacturera mexicana.

<sup>20</sup> Conacyt, *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología*

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>21</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.

La Tabla 1 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 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

---

*gía 2003*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Ciudad de México, 2003.

<sup>21</sup> Paul Geroski, "Markets for Technology: Knowledge, Innovation and Appropriability", en Paul Stoneman (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell Publishers, Oxford, 1995.

Tabla 1  
 Variables sobre solicitudes de patentes  
 en México, 1980-2003

<i>Año</i>	<i>Relación de dependencia</i>	<i>Relación de autosuficiencia</i>	<i>Coefficiente de inventiva</i>	<i>Tasa de difusión</i>
1980	6.21	0.14	0.10	—
1981	6.57	0.13	0.10	—
1982	8.14	0.11	0.08	—
1983	4.86	0.17	0.10	—
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
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, *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología 2003*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Ciudad de México, 2003; *idem*, 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 mil habitantes.

Tasa de difusión = Solicitudes externas/ Solicitudes de nacionales.

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>22</sup>

El resultado anterior 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 mil 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 10 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 mil habitantes) a 0.05 en 2003 (o una solicitud por cada 200 mil habitantes).

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 consti-

<sup>22</sup> 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 en el mismo, se sustituye la tramitación país por país y disminuyen los costos 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.

tuye 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 Condumex (46), la UNAM (42), y el Centro de Investigación en Química Aplicada (34). 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 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* favorecían la innovación. Él argumentaba que una estructura oligopólica hacía el comportamiento de los rivales más estable y predecible, 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>23</sup>

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 funcionamiento eficiente de los merca-

<sup>23</sup> Wesley M. Cohen y Richard C. Levin, “Empirical Studies of Innovation and Market Structure”, en Richard Schmalensee y Robert D. Willig (eds.), *Handbook of Industrial Organization*, vol. II, North-Holland, Amsterdam, 1989.

dos de bienes y servicios. El órgano operador de esta 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.

### *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 producto interno bruto 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%. Respecto a los socios comerciales de México en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, tal porcentaje alcanza 71.5% en Estados Unidos y 88.2% en Canadá.<sup>24</sup>

Un indicador adicional de la facilidad de acceso a crédito es presentado mediante 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

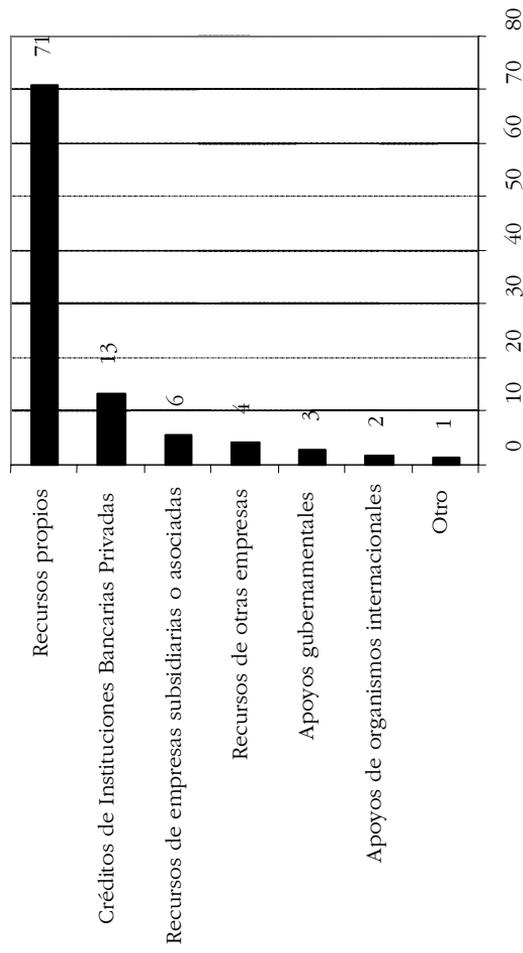
<sup>24</sup> "Mayor penetración, principal desafío del sistema bancario", *El Financiero*, 13 de agosto de 2004.

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 con la misma encuesta): altas tasas de interés, negativa de la banca, incertidumbre sobre la situación económica y rechazo de solicitudes, entre las principales.

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 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 Figura 3 presenta los resultados de la Encuesta Nacional de Innova-

**Figura 3**  
**Mecanismos de financiamiento de proyectos de innovación (%)**



Fuente: *Encuesta Nacional de Innovación*, Conacyt/ INEGI, 2001.

ción sobre la importancia de diferentes mecanismos de financiamiento de proyectos de innovación en las empresas del sector manufacturero para el periodo 1999-2000.

La distribución porcentual mostrada está en línea con lo que se ha discutido en esta sección con respecto a la dificultad de tener acceso a fuentes de financiamiento para la IyD. Así, no resulta sorprendente que la gran mayoría de las empresas (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 3% de las empresas.

### *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, éste 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 los años 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.

La Tabla 2 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 con 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 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 45% de la población entrevistada estuvo de acuerdo, mientras que 38% estuvo en franco desacuerdo. Asimismo, la automatización de fábricas 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 declaraba indiferente o no podía responder si la afir-

**Tabla 2**  
**Expectativas de la ciencia y la tecnología en México**

<i>Afirmación</i>	<i>Opinión (%)</i>		
	<i>Acuerdo</i>	<i>Indiferente</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
La ciencia y la tecnología hacen nuestras vidas más fáciles, confortables y con mayores niveles de salud	80.5	12.4	6.8
La investigación científica y tecnológica desempeña un papel fundamental en el desarrollo industrial	79.5	14.3	5.7
Es importante para mí tener conocimientos científicos en mi vida diaria	76.8	15.4	7.6
La investigación científica hace que los productos industriales sean más baratos	45.2	16.4	38.0
En general, la automatización de las fábricas y la computación crearán más empleos de los que se eliminarán	43.3	16.3	40.1
La calidad de la educación científica en las escuelas de México es la adecuada	40.2	16.8	42.7
Gracias a los avances científicos y tecnológicos los recursos naturales de la tierra serán inagotables	38.8	15.2	45.6

Fuente: *Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología*, Conacyt, 2003.

mación 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 papel que desempeñar 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.

## 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>25</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

<sup>25</sup> La competitividad es un concepto que puede aplicarse a diferentes niveles de análisis, tales como la empresa, la región o el país. Para un análisis más detallado véase David Romo Murillo y Abdel Musik, "Sobre el concepto de competitividad", *Comercio Exterior*, vol. 55, núm. 3, 2005, pp. 200-214.

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>26</sup> 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>27</sup> analizó la evidencia empírica concierne 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 indicadores de costos o precios unitarios relativos puede ser engañoso.<sup>28</sup> Una serie de análisis anteriores también

<sup>26</sup> Joseph A. Schumpeter, *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper & Row, Nueva York, 1942.

<sup>27</sup> Jan Fagerberg, "Technology and Competitiveness", *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 12, núm. 3, 1996, pp. 39-51.

<sup>28</sup> 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

habían llegado a esta conclusión (véase, por ejemplo, Porter<sup>29</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 tiene un papel fundamental en el proceso de desarrollo industrial puesto que, como señala Guerrieri<sup>30</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>31</sup> exponen de manera muy concisa el significado e importancia del desarrollo de capacidades tecnológicas. Definen la capacidad tecnológica como las “habilidades –técnicas, administrativas

---

los costos relativos van de la mano), contradiciendo la creencia convencional que ignoraba el papel de la tecnología.

<sup>29</sup> Michael Porter, “Changing Patterns of International Competition”, *California Management Review*, vol. 28, núm. 2, 1986, pp. 9-40; Michael Porter, “The Competitive Advantage of Nations”, *Harvard Business Review*, vol. 68, núm. 2, 1990, pp. 73-93.

<sup>30</sup> Paolo Guerrieri, “International Trade Pattern, Structural Change and Technology in Major Latin American Countries”, *Giornale degli Economisti e Annali di Economia*, vol. 53, núms. 4-6, 1994, pp. 285-314.

<sup>31</sup> Farrokh Najmabadi y Sanjaya Lall, *Developing Industrial Technology: Lessons for Policy and Practice*, The World Bank, Washington, D.C., 1995.

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”.<sup>32</sup> Así, implícita en esta definición 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>33</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>34</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

<sup>32</sup> Martin Bell, Bruce Ross-Larson y Larry E. Westphal, *Assessing the Performance of Infant Industries*, World Bank Staff Working Papers, núm. 666, The World Bank, Washington, D.C., 1984, p. 2; según estos autores, “la *tecnología* se refiere a un conjunto de procesos físicos que transforman los insumos en productos terminados, a las especificaciones de los insumos y de los productos, y a las disposiciones organizacionales y de procedimientos para efectuar esas transformaciones” (p. 10).

<sup>33</sup> Véase Sanjaya Lall, “Technological Capabilities and Industrialization”, *World Development*, vol. 20, núm. 2, 1992, pp. 165-186.

<sup>34</sup> Martin Bell y Keith Pavitt, *Accumulating Technological Capability in Developing Countries*, Proceedings of the Annual World Bank Conference on Development Economics 1992, The World Bank, Washington, D.C., 1993.

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>35</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.

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 tienen 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

<sup>35</sup> Farrokh Najmabadi y Sanjaya Lall, *Developing Industrial...*, *op. cit.*

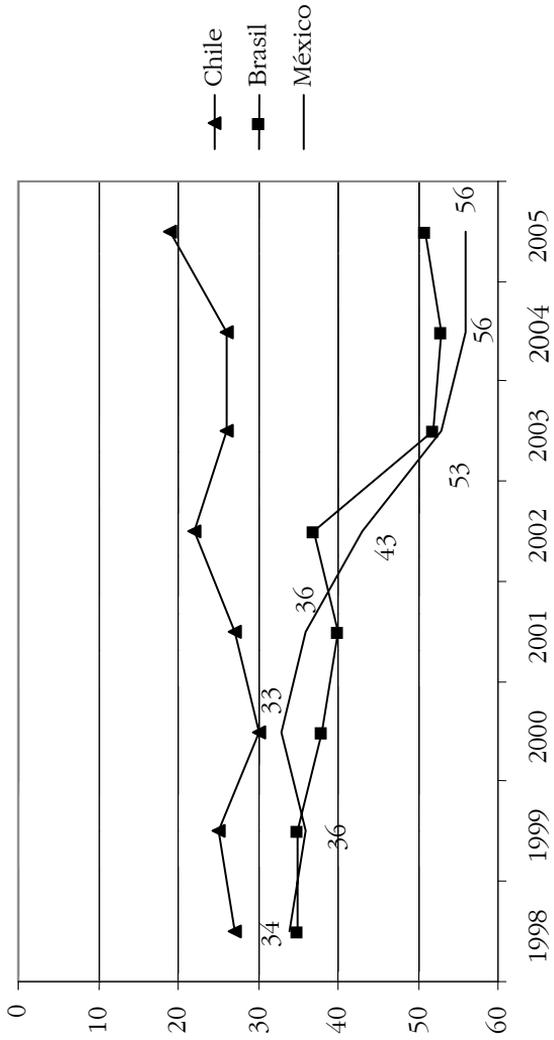
disponible, entre otros. Calcular un índice que indique la posición competitiva de un país involucra necesariamente una serie de suposiciones y simplificaciones que resultan con frecuencia cuestionables. Sin embargo, los esfuerzos desarrollados por varios organismos internacionales (como el Foro Económico Mundial –WEF– y el Instituto de Desarrollo Gerencial, IMD) resultan de interés si ayudan a identificar las principales deficiencias de una economía e implementar las medidas más adecuadas para corregirlas.

La Figura 4 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 siete 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.

Resultados similares pueden observarse con el índice desarrollado por el WEF. Ambos revelan, además de

Figura 4  
Índices de competitividad IMD, 1998-2005



Fuente: Instituto para el Desarrollo Gerencial.

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 con 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 debe 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 de que éste aumenta 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 como en la Figura 5.

Aun cuando la literatura empírica para sobre el tema no es abundante México, existen algunos estudios. Meza y Mora,<sup>36</sup> por ejemplo, estudian la relación entre un

<sup>36</sup> Liliana Meza González y Ana Belén Mora Yague, "Trade and

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, estas investigadoras 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.

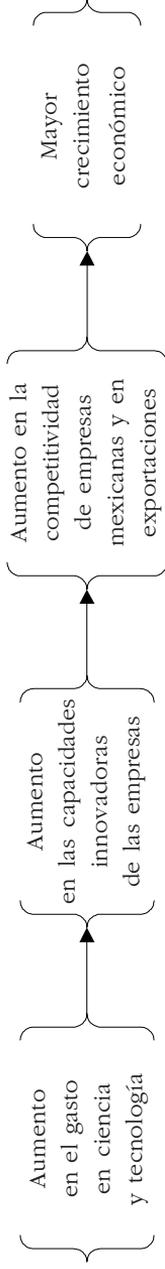
Se resumirán ahora los resultados de un estudio de los principales determinantes de la realización de actividades tecnológicas en las empresas del sector manufacturero mexicano para explorar el efecto que presenta el hecho que una firma exporte.<sup>37</sup> Para tal fin, se hará uso de la Encuesta Nacional 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 ac-

---

Private R&D in Mexico”, *Economía Mexicana*, vol. XIV, núm. 2, 2005, pp. 157-183.

<sup>37</sup> Este análisis forma parte del proyecto Política Tecnológica e Innovación en México: Evaluación, Análisis y Perspectivas, en desarrollo por los autores. 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. Los resultados detallados del análisis aparecerán en un número posterior en esta serie.

**Figura 5**  
**Cadena de causalidad**



tividad 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 la 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

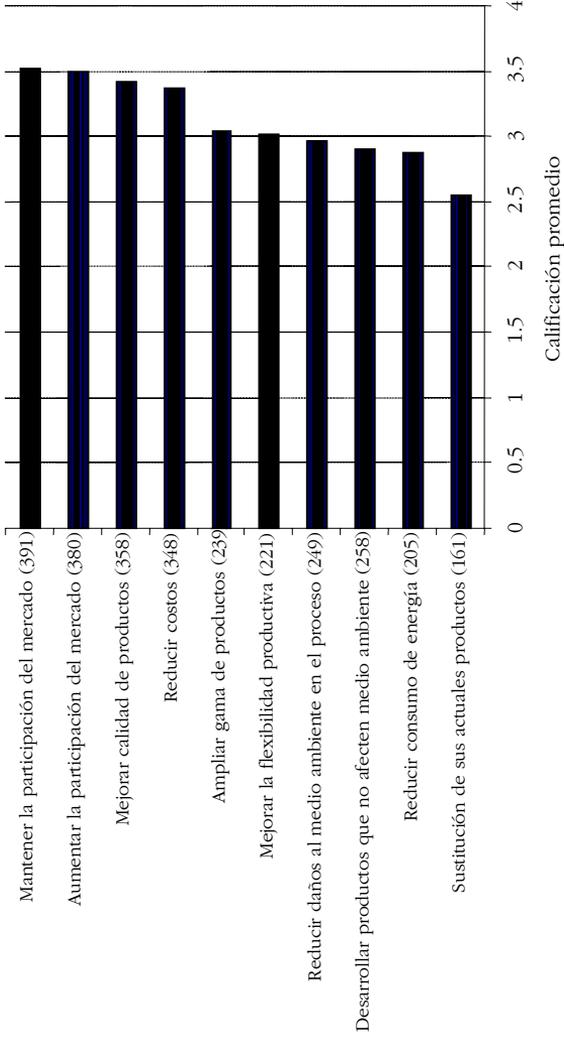
mejorar la calidad de los productos y reducir los costos de producción. En estos casos, las calificaciones promedio que se le dieron a dichos objetivos fueron de 3.42 y 3.37, respectivamente, entre las empresas que se involucraron en proyectos de innovación. Como se aprecia en la Figura 6, también son 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.

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 se describirá 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, Duguet y Mairesse<sup>38</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

<sup>38</sup> Bruno Crépon, Emmanuel Duguet y Jacques Mairesse, *Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level*, National Bureau of Economic Research, Cambridge, documento de trabajo 6696, 1998.

**Figura 6**  
**Importancia de los objetivos de la innovación**



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

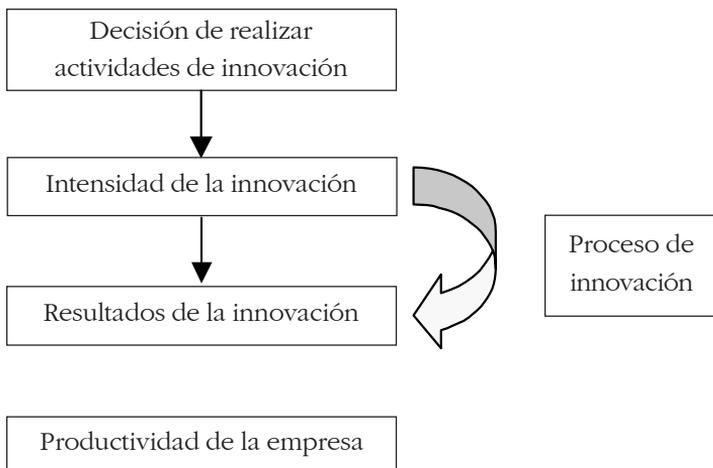
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la ENI.

innovación se ve reflejada en los niveles de productividad de la empresa. La Figura 6 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.

El modelo integrado que estimamos sigue de cerca la propuesta teórica del proceso de innovación que se presenta en la Figura 7. Del trabajo de Crépon *et al.*<sup>39</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, y otra para la toma de decisión sobre cuánto invertir en actividades de innovación, seguida por una especificación sobre los productos o resultados de la innovación.

Figura 7

El proceso innovador y la productividad de la empresa



<sup>39</sup> *Ibid.*

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 escala mundial, no sólo a escala 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>40</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.

<sup>40</sup> Liliana Meza González y Ana Belén Mora Yague, "Trade and Private...", *op. cit.*

## Dinamizando 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 innovación son 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 crecido en forma casi continua durante los últimos 15 años, el sistema mexicano de innovación no ha sido capaz de atraer los fondos y la 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 esta sección consideraremos 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 escalamundial como nacional, pasa por dos etapas. Durante la primera, la ciencia y la tecnología se desarrollan en forma casi separada.<sup>41</sup> En la segunda etapa, cuyo inicio se puede situar en los Estados Unidos en

<sup>41</sup> 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

los años 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 estadounidense, 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 sólo porque se mantiene una intensa relación entre ambos, sino porque hay una constante retroalimentación entre ellos.

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

---

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.

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.

La Tabla 6 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 aun por debajo del promedio latinoamericano de 0.64 y muy lejos del promedio de la OCDE de más del 2 por ciento.

En México, el sistema nacional de innovación (como ya se discutió antes) 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 años treinta, ha ido creciendo gracias básicamente al apoyo público, combinado con el esfuerzo de muchos científicos mexicanos. Gracias a lo anterior, en la actualidad:

**Tabla 3**  
**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 América Latina	0.64

Fuente: Conacyt, *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología 2004*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Ciudad de México, 2004.

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 revistas 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%.<sup>42</sup>

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>43</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 y 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, etc., no ha evolucionado en la dirección de una mayor capacidad de generación de nueva tecnología. Así, el número de patentes obteni-

<sup>42</sup> Conacyt, *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología 2004*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Ciudad de México, 2004.

<sup>43</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.

das 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 generación 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.

En las cifras globales, la situación anterior se refleja en una participación de las empresas privadas en el GIDE de sólo el 30% para México. Como se registra en la Tabla 4, 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).

**Tabla 4**  
**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

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

Fuente: Conacyt, *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología 2004*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Ciudad de México, 2004.

Debe notarse que lo anterior no se debe a que las empresas mexicanas sean débiles 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 sustancial, en una mayor de-

manda 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 sólo 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 notarse que las empresas mexicanas ya están erogando un gasto de magnitud nada despreciable en actividades de IyD. Mas aún, este gasto, a partir del año 1993, ha ido aumentando con rapidez, de tal manera que si bien en 1993 representó sólo 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.

## Conclusiones

Después del breve panorama presentado en este documento, podemos concluir que México enfrentará 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 forta-

lecimiento 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 la 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.

# Políticas públicas para la vinculación de la ciencia con la sociedad

*René Drucker Colín*

En que los científicos resolvamos muchos de nuestros actuales problemas, pero para ello, no sólo tenemos que plantearnos el *qué*, sino el *cómo*. En relación con el *cómo* quisiera ahora presentar algunos asuntos.

A mi juicio, una de las primeras cosas que habría que hacer es poner en el centro de la política pública a la ciencia y la tecnología, es decir, estas actividades tienen que pasar de una política de gobierno a una política de Estado. En una reunión con expertos de diferentes partes del mundo, pudimos constatar con claridad que en otros países hacen precisamente eso: tienen en el centro de su filosofía política a la ciencia, porque entienden muy bien que es un factor fundamental para el desarrollo de las naciones.

Es necesario lograr convencer al Estado mexicano de que la ciencia es indispensable para el desarrollo del país, y para esto habría que implementar una serie de estrategias y prácticas en el corto y mediano plazos. Como dijo un colega: hay que generar primero el combustible para que pueda despegar realmente el

avión. Entonces, lo primero es ampliar la capacidad científica de este país.

Breve y rápidamente presentaré una serie de datos que publicó el Conacyt sobre la distribución de los científicos en el territorio nacional donde se ve que la ciudad de México sigue siendo el lugar donde hay el mayor número de científicos: por ejemplo, en ciencias físicas, 40% está en México, producen 55% de los artículos y reciben 31% de las citas. En ciencias biológicas 42% está en la ciudad de México, publican 65% de los artículos y reciben 66% de las citas. En el área de las ciencias químicas, los investigadores –vale la pena aclarar que estamos haciendo referencia a investigadores con el grado de doctor–, 51% están en el centro, publican 76% de los artículos y reciben 80% de esas citas. En el área de medicina y ciencias de la salud, 66% está en el Distrito Federal, publican 74% de los artículos y reciben 76% de las citas. Matemáticas, 55% habita en el Distrito Federal, tienen 74% de la producción científica y 75% de las citas. Ciencias de la Tierra, 50% está en el Distrito Federal, publican 70% y reciben 73% de las citas. La distribución por áreas del conocimiento en el resto del país es muy baja y desigual.

Con estos datos se evidencia que en México hay una gran centralización de la actividad científica. Hay que decir que esta comunidad desarrolla investigación de gran calidad y que tienen presencia y reconocimiento internacional, pero somos muy pocos y estamos todos concentrados, nos falta expandir el sistema científico y regionalizarlo. Esto es urgente y podría hacerse en un periodo relativamente corto.

¿Cómo crecer? Se necesita fortalecer a las universidades públicas de los estados, fuera de las grandes zonas metropolitanas, e incrementar sus plazas y las

de los centros públicos de investigación que están repartidos a lo largo y ancho de México.

Adicionalmente, se deberán crear nuevos centros de investigación que estén ligados a polos de desarrollo económicos que fuesen de significado para las regiones.

Para ampliar el sistema científico del país, otra estrategia sería generar la figura de profesor-investigador nacional con un tabulador nacional, que facilite la movilidad interinstitucional; que se pueda uno pasar de una institución a otra sin que haya realmente dificultades en relación con los sueldos o las condiciones que se encuentran en esas universidades. Esta posibilidad contribuiría significativamente al proceso de descentralización y regionalización.

Pero el gran problema es precisamente la falta de una política y de una serie de estrategias para poder lograr que el conocimiento que produce la ciencia impacte en la sociedad con mejores formas de explicación: en la toma de decisiones, en la organización de las instituciones, en los procesos de producción y en la incorporación de la investigación y la tecnología en el sector empresarial.

La transferencia de tecnología a las empresas, como hemos visto en otros países, es fundamental para contar con un sector productivo nacional que sea realmente fructífero y competitivo y para que México pueda dejar de bajar año con año en la calificación que otorgan los organismos internacionales responsables de las comparaciones. Sólo con la ciencia apoyando nuestros procesos de crecimiento podremos competir con otros países de una manera mucho más efectiva.

Para fines de transferencia tecnológica se tendría que llevar a cabo una política pública en la cual el gobierno y el sector productivo pudieran compartir

riesgos económicos para impulsar las actividades tecnológicas en las empresas; para esto habrá que trabajar con las pequeñas y medianas empresas mexicanas que puedan encaminarse hacia las exportaciones y ser competitivas en el mediano plazo.

Una posible estrategia de acercamiento de la ciencia pública (porque éste es el único sector que se dedica a la investigación científica) con el sector empresarial podría ser, por ejemplo, que el Estado mexicano, junto con las empresas, integrara un capital de riesgo y a la vez estableciese mecanismos para contratar científicos de alto nivel capaces de arrancar con nuevos laboratorios y estrategias que incorporen la investigación tecnológica, aquella específica que cada empresa requiere, y así transformar sus procesos para generar productos con mayor valor agregado y para que, poco a poco, puedan ser empresas más productivas y competitivas.

Recientemente se creó la Ley de Ciencia y Tecnología que contempla incentivos fiscales para fomentar la incorporación de la capacidad de innovación en las empresas, sin embargo esos incentivos fiscales no funcionaron porque no fueron bien vigilados y se llevaron a cabo de una manera bastante inadecuada; no obstante, tenemos que decir que, de inicio, contamos con un buen instrumento legal, pero hay que vigilar con cuidado y asegurar que dichos incentivos realmente conduzcan a una mejoría de las empresas nacionales y que verdaderamente generen productos con valor agregado y que tenga la efectividad que se busca.

De hecho, con frecuencia he escuchado a los empresarios quejarse de que los incentivos fiscales del gobierno han sido mecanismos defectuosos y que no desean invertir precisamente porque no hay una polí-

tica inteligente para generar o compartir los riesgos que estas inversiones suponen.

Las personas que trabajan en transferencia de tecnología señalan, y me imagino que la experiencia así lo muestra, que de cada 100 productos que se generan, sólo cuatro llegan al mercado. Entonces, sí es un proceso sumamente complejo, pero en otros países han hecho el esfuerzo y han tenido resultados enormemente exitosos.

Ampliando el sector científico y llevando a cabo estrategias mediante las cuales el Estado mexicano, junto con las empresas, desarrolle inversiones y estrategias para caminar hacia una sociedad de la innovación, podremos salir adelante.

Ahora bien, todas las áreas del conocimiento son importantes y necesarias, pero el país tiene problemas de seguridad nacional muy serios y la actividad científica deberá orientarse en gran medida a atender dichos problemas, a estudiarlos, a buscar soluciones. El Estado mexicano debería procurar invertir en aquellas áreas llamadas “estratégicas” o relacionadas con la soberanía nacional, como la búsqueda y propagación de energía alternativa, pues las reservas de petróleo van a la baja y no faltan muchos años para que se agoten. México tiene que enfrentar este asunto ya, definiendo, conociendo y llevando a cabo una política sobre fuentes alternas de energía. Y en este caso, como algunos expertos señalan, posiblemente la energía solar sea la energía que México debería de utilizar en los próximos años. Yo no soy experto en energía, desde luego, pero creo que es una buena estrategia, en un país donde hay 320 días de sol al año.

Otros grandes temas más son desde luego el agua, el campo y la generación de alimentos para asegurar

la competitividad de México en el sector de alimentos y a su vez para consumo de la población, actividades éstas en las cuales los científicos pueden participar de manera contundente y exitosa.

En síntesis, hay una serie de medidas concretas que se pueden llevar a cabo y que no serían terriblemente difíciles de lograr, pero que requieren definitivamente de recursos. Para esto es necesario establecer un pacto nacional referente a generar en los próximos años un incremento de la inversión en ciencia y tecnología de 0.1% del producto interno bruto año con año, durante los próximos seis años, hasta llegar al 1% del PIB que se ha recomendado desde hace mucho tiempo por organismos internacionales.

Haciendo cálculos simples, tal crecimiento le proveería a la comunidad científica alrededor de 10 mil millones de pesos anuales, que no es una cantidad realmente excesiva. Me permitiría incluso sugerir que de ese 0.1% se le diera la mitad, 50%, al Conacyt, o sea al Ramo 38, que es el que estará a cargo del crecimiento del sistema científico.

Hay que generar muchas plazas nuevas, hay que generar nuevos centros de investigación, y esto se puede hacer en los próximos cinco o seis años; además de impulsar una docena de nuevos centros de investigación y ver de qué manera se pueden fortalecer los centros públicos de investigación que ya existen, pues están localizados estratégicamente en muchos lugares de la república mexicana.

Finalmente, sabemos que hay muchos mexicanos, aunque no suficientes, que fueron becados y que terminaron su doctorado, pero no pueden ser aprovechados porque no se han generado las condiciones para que se incorporen al sistema científico del país, des-

perdiendo la inversión del Estado, de las familias y de los propios sujetos.

Calculo que el día de hoy debe haber alrededor de 4 mil a 5 mil mexicanos que están en el extranjero ya preparados y estoy seguro que muchos de ellos serían muy felices de poder regresar a México, siempre y cuando se les diera la oportunidad de tener una fuente de trabajo donde puedan aplicar los conocimientos para los cuales han sido formados.

Entonces, es también imprescindible generar una política pública inteligente, para incorporar a los mexicanos con mayores niveles de habilitación al sistema científico. Pero no una política de gobierno para cada seis años, una política de Estado con una planeación de al menos 20 años.

Para saber qué hacer, hay que imaginar qué es lo que queremos para México en el año 2020 y de esa manera generar las diversas estrategias que permitirían que la ciencia realmente esté en el centro de la política pública de este país, para poder transformar y hacer que se convierta en una nación que le dé satisfactores económicos, culturales y sociales a sus habitantes.



# La federación del fomento al desarrollo científico y tecnológico: hacia una agenda legislativa nacional

*Miguel Odilón Chávez Lomelí*

Desde los años ochenta, la descentralización pasó a ocupar un papel central en las políticas públicas de América Latina. Dos razones explican este hecho. La primera es de orden político: ésta es vista como una forma de acercar el gobierno a los ciudadanos y hace parte, de esta manera, de los esfuerzos de democratización en marcha; la posibilidad de promover una efectiva participación ciudadana a nivel local es, desde el punto de vista político, uno de los argumentos que justifican un traspaso de responsabilidades a los gobiernos regionales y locales. La segunda es de carácter económico: dentro de los procesos de reestructuración del Estado, la descentralización aparece como una forma de incrementar la eficiencia en la provisión de servicios del Estado, especialmente de servicios sociales en cuya prestación no existen economías de escala importantes.

La mayor flexibilidad de la gestión y el mayor acceso a información sobre las preferencias y necesidades de la población a nivel local refuerzan los argumentos

en favor de la eficiencia de la prestación descentralizada de servicios.<sup>1</sup>

Desde el punto de vista de la distribución de recursos económicos, es evidente que el tema cobra relevancia cuando en el marco de la reforma del Estado se plantea una descentralización fiscal y financiera. En la mayoría de los países latinoamericanos los factores económicos han tenido prioridad en la determinación del proceso de descentralización fiscal, cuya motivación surge de la búsqueda de más eficiencia y eficacia en la distribución de los recursos públicos, el intento por reducir el gasto, ajustar las finanzas del gobierno central y alentar el autofinanciamiento mediante los gobiernos subnacionales. En algunos casos, como en Brasil y México, predominan los factores políticos, y la descentralización nace como una reacción de los gobiernos subnacionales, o como defensa contra los llamados poderes excesivos del gobierno central.<sup>2</sup>

Por otra parte, la capacidad en generación de conocimientos de una sociedad se ha convertido en reflejo y motor de su grado de desarrollo. Es causa y consecuencia de la riqueza y refleja necesariamente las fortalezas y debilidades de la vida nacional en su conjunto.

La importancia que se concede a las políticas para la ciencia, la tecnología y la innovación es creciente en los países industrializados. Muy distinto es el panorama actual de muchos de los países latinoamericanos, incluido México, en donde la política científica, al igual que la política tecnológica y la innovación, no logran

<sup>1</sup> Rossella Cominetti y Emanuela di Gropello (comps.), *Descentralización de la educación y la salud: un análisis comparativo*, CEPAL, Docto LC/L.1132 (versión PDF), 1998.

<sup>2</sup> Anónimo, "Procesos de descentralización en Latinoamérica". Versión de internet: [http://transparencia-economica.mef.gob.pe/proyeccion/boletinmensual/procesos\\_descentraliz\\_al.pdf](http://transparencia-economica.mef.gob.pe/proyeccion/boletinmensual/procesos_descentraliz_al.pdf)

trascender el plano de las intenciones declarativas y acompañan, en realidad, la suerte de otros indicadores que expresan el estancamiento –y aun el retroceso– de la región en su conjunto.

Uno de estos indicadores es precisamente el grado de disparidad y debe reconocerse que las asimetrías constituyen uno de los principales obstáculos para el desarrollo. En México, y para el caso de la actividad científica y tecnológica, dichas asimetrías son evidentes y alcanzan una proporción extrema desde el momento en que se supera la poco afortunada visión de comparar en bloque al Distrito Federal con el resto del país.

La dimensión de las comunidades académicas estatales podría ser suficiente para ejemplificar lo anterior. Se ha afirmado que en México se alcanza ya una de las metas del Programa Especial de Ciencia y Tecnología en materia de descentralización, ya que en el Distrito Federal sólo se encuentra el 45% de los investigadores nacionales y en consecuencia, es superado por los investigadores en “provincia”.

Esta imagen simplista de la realidad se ve destruida cuando se analiza la situación por entidad federativa. Si se toma como indicador la densidad de investigadores frente a la población económicamente activa, a partir de la membresía en el Sistema Nacional de Investigadores en 2005, la distancia entre el mayor (Distrito Federal) y el menor (Nayarit), resulta una diferencia de 94 veces entre ambos extremos. Más aún, la tendencia observada no apunta hacia la disminución de dichas asimetrías sino a su ampliación. Así por ejemplo, entre 2003 y 2005 la relación entre el número de investigadores, en términos absolutos, pasó de 293 a 326 veces entre los extremos menor y mayor de la escala.

Es claro entonces que si la disminución de las brechas es un requisito indispensable para cualquier proyecto de desarrollo que aspire al desenvolvimiento pleno de las capacidades nacionales, es decir, de todas y cada una de sus partes constitutivas (sus estados y municipios), en materia de fomento a la generación y uso del conocimiento la federación de la vida nacional se vuelve un imperativo.

La tesis básica de la que se parte es la del fortalecimiento de la ciencia y la tecnología (o más precisamente, del desarrollo humano y económico con base en la generación de conocimiento), desde lo local. Esto, por supuesto, no implica la negación de lo nacional o una oposición entre el “centro” y la “periferia”. Muy por el contrario, reconoce la necesidad de un esfuerzo articulado entre los diversos órdenes de gobierno y sectores de la sociedad a través de acuerdos que precisen responsabilidades, recursos y metas, construidos sobre la base de una lógica esencialmente federalista donde cada parte aporta al todo y la construcción de lo nacional deriva de la integración consensuada y participativa de cada actor del proceso. Parte pues del reconocimiento del “otro” y no de su negación o minimización.

La política de desarrollo regional deberá entonces contemplar, por una parte, la función de articulación que es necesario promover como estrategia de fortalecimiento institucional de la ciencia y la tecnología orientada a la construcción del capital social en las regiones, mediante el fortalecimiento de redes o sistemas regionales de ciencia, tecnología e innovación. Por otra parte, se deberán establecer acciones en los diferentes frentes de la política científica y tecnológica nacional, en estrecha vinculación con las necesidades priorita-

rias y las fortalezas relativas de las distintas regiones del país.

Edificar una política de desarrollo regional de ciencia y tecnología implica establecer esquemas de coordinación con los diversos actores de los sistemas regionales de ciencia y tecnología, haciendo énfasis en que tales esquemas se diseñen y promuevan desde las regiones, tanto en lo institucional como en lo geográfico. En su representatividad y mecanismos de legitimación, las nuevas formas organizacionales de coordinación de la ciencia y la tecnología deben definirse desde las regiones.

Entre las nuevas formas de organización y coordinación de la actividad científica y tecnológica, se deben propiciar redes regionales de ciencia y tecnología, así como comisiones municipales o regionales. Este espacio se instalaría como uno de reconocimiento para lograr la articulación de los actores en los diversos sistemas regionales y municipales de ciencia y tecnología.

Por tanto, las instancias de coordinación se apoyarán en los principios de reconocimiento de la diversidad y autonomía regional, la construcción de tejido social, el compromiso local, el establecimiento de principios rectores ampliamente aceptados, y la coordinación de acciones en el plano nacional.

Lo regional es un tema que debe abordarse como eje transversal de todos los programas nacionales, que articule la ciencia y la tecnología. Es, por consiguiente, un problema que atañe a todas las instituciones del nivel federal y a todos los frentes de la política nacional; en este sentido, el diseño de una política regional entendida como política nacional para el desarrollo regional, debe constituirse en política de Estado a través de la que se establezca una acción sistemática para

promover el logro de los procesos de desarrollo regional, mediante el consenso, la legitimidad y la coordinación entre los diversos actores y sectores.

## Consideraciones para la agenda legislativa

### *Respecto del marco legal y normativo*

La factibilidad de instrumentar una política científica y tecnológica nacional articulada desde lo local pasa por la existencia de un marco legal que la propicie.

Una primera constatación es que la distribución de facultades y responsabilidades para el fomento de la ciencia y la tecnología encuentra sustento legal y normativo en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que en la fracción V de su artículo 3º señala la obligatoriedad coexistente entre los tres órdenes de gobierno de apoyar la investigación científica y tecnológica.

En segundo término, esta coexistencia de facultades se reconoce claramente en la propia Ley de Ciencia y Tecnología (LCT), del 5 de junio de 2002, que señala que la misma tiene por objeto, de acuerdo con la fracción primera de su artículo 1º “regular los apoyos que el *Gobierno Federal* está obligado a otorgar para impulsar, fortalecer y desarrollar la investigación científica y tecnológica en general en el país”; o la fracción V de su artículo 2º que señala la necesidad de “fortalecer el desarrollo regional a través de políticas integrales de descentralización de las actividades científicas y tecnológicas”. En el mismo sentido podrían citarse los artículos 12 fracción IV y 13, e incluso su capítulo V, dedicado a la Coordinación y Descentralización.

Sin embargo, la lógica que parece subyacer a la posible implementación de los principios de la LCT debería ubicarse más en la línea de la desconcentración o la delegación, que en la de la redistribución plena de acciones y recursos.

En consecuencia se asiste a un modelo con rasgos de centralismo con otros de descentralización, y con un claro diagnóstico de desconcentración física y geográfica limitada y que inhibe la toma de decisiones locales.<sup>3</sup>

Por otra parte, el Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006 afirma que “resulta indispensable fortalecer el federalismo para responder a la demanda social por una distribución más equitativa de oportunidades para el desarrollo científico y tecnológico en las regiones, mediante la distribución adecuada de atribuciones y recursos entre los distintos órdenes de gobierno y sectores de participación”.

Las líneas de acción previstas, sin embargo, no se han consolidado del todo y en algunos casos, como en los fondos mixtos, coexisten avances, como el innegable incremento en los montos canalizados por los órdenes federal y estatal, junto con limitantes como los excesivos tiempos de gestión, que muchas veces oscurecen dichos avances.

Sin duda, el fomento a la actividad científica y tecnológica como palanca y motor del desarrollo nacional ha evolucionado sensiblemente en los años recientes, pasando de una política científica de carácter gubernamental y prácticamente sólo del Ejecutivo federal, a la incorporación paulatina de otros órdenes de gobierno,

<sup>3</sup> Patricio Patiño, “Descentralización y desarrollo regional”, *Diálogos*, núm. 17, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, 2005.

en esencia el estatal, y otros poderes, notablemente el Legislativo federal, quienes el día de hoy asumen cada vez con mayor fuerza su papel en la definición y conducción de dicha política.

Así, desde la perspectiva estatal se asiste a un continuo crecimiento en el número de instrumentos e instancias especializadas, con particular énfasis a partir de la década de los noventa, alcanzando en la actualidad 26 entidades federativas que cuentan ya con Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología, en su gran mayoría organismos públicos descentralizados, y cada vez en mayor proporción con legislación en la materia e incluso con comisiones legislativas permanentes sobre el tema.

Recientemente se ha planteado una discusión sobre el marco constitucional en dos vertientes: la necesidad de modificar el párrafo quinto del artículo 3° a fin de precisar la concurrencia de atribuciones entre los órdenes de gobierno respecto de la obligación de fomentar la investigación científica; la segunda, sobre la pertinencia de modificar otras disposiciones, particularmente el artículo 25, para insertar en la estrategia de desarrollo económico a la totalidad o parte de las herramientas de conocimiento.

Al respecto, sostenemos que el debate de la inserción o modificación constitucional puede distraer de los verdaderos retos, que en nuestra opinión no se encuentran en el nivel constitucional sino en el de la legislación secundaria, particularmente en la decisión política de sustentar el desarrollo con base en el conocimiento y la de hacerlo a partir de la federalización de sus instrumentos.

Ciertamente debe considerarse estratégico el fomento a la investigación científica, el desarrollo tecnológico y

la innovación, pero entre la aspiración por la precisión de atribuciones y tareas y el más largo camino del desarrollo de capacidades locales, consideramos que la segunda de las opciones debe prevalecer.

### **Respecto de la federalización del gasto en CyT**

Sin duda, una de las herramientas de política pública más poderosas para modificar las asimetrías antes señaladas es la del financiamiento, y para el caso que nos ocupa la federalización del gasto tendría un lugar privilegiado al respecto.

En cuanto a esto, la Red Nacional de Consejos y Organismos Estatales de Ciencia y Tecnología A.C. (Rednacecyt) ha insistido desde el 2003 en la presentación de propuestas al respecto.

Como antecedente, valdría recordar que luego de diversas iniciativas y gracias a la acción de múltiples actores, en el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) 2005 se aprobó la inclusión en el Programa de Apoyos para el Fortalecimiento de las Entidades Federativas (PAFEF) del rubro “Fortalecimiento de proyectos de investigación científica y tecnológica”, lo que, si bien representaba un cambio al reconocer la necesidad de aportar recursos a las entidades federativas para el fortalecimiento de sus sistemas estatales de ciencia y tecnología, no fue suficiente al menos por dos razones. Por una parte, la denominación del rubro no correspondía con los principios de la ley y las estrategias del Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECYT), a diferencia de la denominación original propuesta por la Comisión de Ciencia y Tecnología: “Fortalecimiento de los sistemas estatales de ciencia y tecnología”. Por

otra parte, la estructura de aplicación del Ramo 39 en sus distintos rubros hace que difícilmente se oriente el gasto hacia la inversión en ciencia y tecnología.

De forma alternativa, para el PEF 2006 se propuso radicar recursos en el Ramo 38, bajo un rubro especial para trasladarse a las entidades federativas sin condicionamiento ni tutelaje alguno, para atender las necesidades que sus realidades y sus sistemas de ciencia y tecnología demandaran. Igualmente, se planteó la conveniencia de revisar la Ley de Coordinación Fiscal proponiendo la inclusión en el Ramo 33 de un fondo adicional (VIII) para la federalización de la ciencia y la tecnología con reglas de operación claras y ágiles.

La realidad, sin embargo, mostró que para el 2006 no sólo no prosperó ninguna de estas propuestas alternativas, sino que incluso la redacción de la fracción VII del PAFEF perdió precisión al incorporársele la posibilidad de incluir proyectos de orden educativo y cultural dentro de la misma.

Una vez más, consideramos impostergable la decisión política de adoptar una visión distinta en cuanto a la federalización de la inversión en materia de ciencia, tecnología e innovación, que se sume a los esfuerzos que en otros sectores ya se desarrollan en el sentido de hacer congruente nuestra naturaleza federal y que reconozca el papel de las regiones en el desarrollo basado en el conocimiento.

Un paso inmediato sería dar curso a la modificación del Ramo General 33, incorporándole un apartado específico para el desarrollo de los sistemas estatales de ciencia, tecnología e innovación.

## Propuestas

*Debe darse pleno cumplimiento a la obligación constitucional de apoyar la investigación científica y tecnológica.* Esto implica la consolidación legal, normativa e institucional de los estados y de los municipios para desarrollar una política propia de fomento a la ciencia, la tecnología y la innovación, con pleno respeto del orden federal y bajo mecanismos de coordinación y concertación entre los tres órdenes de gobierno que aseguren la articulación y complementariedad de esfuerzos. Cualquier intento de redistribución de facultades y recursos que no esté anclado en la corresponsabilidad de los actores locales será inútil e incompleto.

*Debe completarse el proceso de descentralización fiscal.* Debe profundizarse la previsión para que las entidades federativas reciban recursos desde el Presupuesto de Egresos de la Federación. La inclusión de una previsión para el fortalecimiento de los sistemas estatales de ciencia y tecnología que se alcanzó parcialmente en el PEF 2005, si bien es un principio de reconocimiento a dicha necesidad, es a todas luces insuficiente. Se requiere, en consecuencia, el establecimiento de disposiciones presupuestales que “etiqueten” estos recursos de manera precisa y transparente, señalando los mecanismos de distribución entre entidades, condiciones de ejercicio y procedimientos para la rendición de cuentas.

Es indispensable el desarrollo de *políticas diferenciadas* para la formación de recursos humanos, la creación de infraestructura, el financiamiento y la fijación de prioridades, que garanticen una apropiada respuesta a las asimetrías que caracterizan la realidad nacional y en particular la de las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación entre regiones y localidades.

Lo anterior implica trascender la idea de una igualdad formal de los actores y las instancias en las diversas regiones y localidades del país, por ejemplo para el acceso a los recursos, y exige que sean debidamente valoradas las desigualdades concretas existentes en nuestra sociedad. En otras palabras, no basta con diversificar los instrumentos de fomento, se requiere adoptar un enfoque de “acciones afirmativas”, es decir, “un conjunto coherente de medidas de carácter temporal dirigidas específicamente a remediar la situación de los miembros del grupo a que están destinadas para alcanzar la igualdad efectiva”.<sup>4</sup>

### Comentario final

La Rednacecyt ha insistido en que la vía para dotar al país de una verdadera política de Estado en CyT es precisamente la de trascender la visión sectorial del tema. En efecto, en la medida en que se continúe percibiendo al uso del conocimiento a favor del desarrollo como patrimonio de un sector de actividad y en consecuencia se asista a una disputa sobre cuál de ellos detenta su potestad, es poco probable que las herramientas del conocimiento, particularmente la ciencia, la tecnología y la innovación, adquieran la capacidad para modificar la realidad nacional.

Al mismo tiempo, insistimos en que la federalización de la ciencia y la tecnología no es la concesión graciosa de facultades de un orden de gobierno hacia los demás o del centro hacia la periferia; es por el contrario una condición indispensable para desatar círculos

<sup>4</sup> Marc Bossuyt, citado por E. Uriarte *et al.*, *Las acciones afirmativas en el siglo XXI*, Universidad Católica de Uruguay, Montevideo, (s/f).

virtuosos entre la generación de conocimiento y el bienestar.

Frecuentemente se pide demostrar a través de indicadores u otros elementos de juicio la veracidad de los planteamientos sobre la necesidad de la inversión en el conocimiento y en su federalización.

Reconocemos la obligación de un uso racional de los recursos públicos y la necesidad de propugnar porque tengan un efecto positivo en la competitividad y la calidad de vida, pero al mismo tiempo señalamos la existencia de una enorme cantidad de evidencias, en el plano internacional y en el local, que apoyan la pertinencia de la inversión en el fomento al conocimiento como motor de desarrollo, de forma tal que no cabe la menor duda del efecto potencial de una decisión en ese sentido.

Creemos entonces que postergar el cambio de prioridades de inversión pública a favor de la ciencia, la tecnología y la innovación en todos los sectores de actividad y en todos los niveles de expresión geográfica de México, desde el estrictamente local hasta el nacional, sólo retrasará nuestra posibilidad de hacer frente a esos retos de la globalidad tan largamente esgrimidos.

Las instituciones democráticas representativas deben asumir sus responsabilidades y generar, mediante debates públicos, nuevos principios éticos y normas sociales y profesionales que protejan la ciencia independiente y la producción de saber como bien público, al tiempo que se sigue apoyando la utilización de la ciencia y la tecnología al servicio del desarrollo socioeconómico.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Ali Kazancigil, "El 'buen gobierno' y la ciencia: los modos, similares al mercado, de regir la sociedad y de producir conocimiento". <http://www.unesco.org/issj/rics155/kazancigilspa.html>

Tomar la decisión sobre la base de la información disponible, no es un acto de fe, sino en su más clara acepción, una decisión política, pero además una decisión por la calidad de vida y por la nación.

# Acerca de los autores

*Miguel Rubio Godoy.* Maestro y doctor en Inmuno-Parasitología en Peces por la Universidad de Bristol, Reino Unido donde, al igual que en México, ha participado en diversos proyectos de investigación. Ha publicado diversos artículos en revistas especializadas internacionales, así como trabajos de divulgación y periodismo científico, cuyo reconocimiento se tradujo en el otorgamiento del Premio de Periodismo 2000 para la Divulgación de las Ciencias de la Vida.

*Julieta N. Fierro Gossman.* Maestra en Ciencias en Astronomía por la Universidad Nacional Autónoma de México, donde ocupó la dirección general de Divulgación de la Ciencia. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores y de la mesa directiva de la Sociedad Astronómica del Pacífico; ha sido presidenta de la Sociedad Mexicana de Museos de Ciencia y de la Academia Mexicana de Profesores de Ciencias Naturales. Centrada en

actividades de divulgación científica, ha llevado a cabo numerosos talleres de ciencia para niños, ha dictado conferencias en 29 países y ha escrito decenas de libros y cientos de artículos. El premio Kalinga de la UNESCO, la medalla de oro Primo Rovis del Centro de Astrofísica Teórica de Trieste, el Premio Latinoamericano de Popularización de la Ciencia en Chile y el reconocimiento Belisario Domínguez, son algunas de las distinciones que ha recibido esta célebre investigadora del Instituto de Astronomía y profesora de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, quien además ocupa la silla XXV en la Academia Mexicana de la Lengua.

*Francisco Barona Gómez.* Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Warwick del Reino Unido. Ha formado parte de una red de investigación en el estado de Morelos, y ha sido jefe de investigación del Grupo Bioquímico Mexicano en Saltillo, Coahuila. Actualmente se desempeña como investigador independiente del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

*Octavio Paredes López.* Maestro en Ingeniería Bioquímica por la Academia Checa de Ciencias y doctor en Ciencia de Plantas en la Universidad de Manitoba, Canadá. Ha recibido diversas distinciones como el Premio Nacional de Química y el Premio Nacional al Mérito en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Fundador y primer secretario científico de la Academia Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos y ex presidente de

la Academia Mexicana de Ciencias es autor de libros y artículos científicos y técnicos, así como editor general y miembro de consejos editoriales de revistas científicas internacionales y nacionales.

*Carlos Bazdresch Parada.* Maestro en Economía por la Universidad de Harvard. Ha sido director general del Centro de Investigación y Docencia Económicas, director general del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y asesor del Subsecretario de Hacienda y Crédito Público y del director general del Banco de México. En la actualidad es profesor-investigador de la División de Economía y director del Programa de Ciencia y Tecnología del Centro de Investigación y Docencia Económicas.

*Claudia Noemí González Brambila.* Doctora en Ingeniería y Políticas Públicas por la Universidad de Carnegie Mellon en Estados Unidos. Ha sido analista en la firma de consultoría Desarrollo, Tecnología y Planeación; coordinadora de planeación estratégica en el Instituto Tecnológico de Teléfonos de México, y directora adjunta de Asuntos Internacionales y Becas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. En la actualidad es profesora de tiempo completo en el Instituto Tecnológico Autónomo de México.

*Leonardo Ríos Guerrero.* Maestro en Ingeniería Química por la Universidad Nacional Autónoma de México y doctor de Estado en Ciencias por la Universidad Francesa de Claude Bernard-Lyon I. Además, cuenta con la especialidad en Alta Di-

rección por el Instituto Panamericano de Alta Dirección de Empresas (IPADE). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores ha recibido, entre otras distinciones, el Premio Nacional de Ciencias y Artes en Tecnología. Actualmente es presidente de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico y director de Investigación y Posgrado del Instituto Mexicano del Petróleo.

*Sergio Ampudia Mello.* Licenciado en Derecho por la Universidad Nacional Autónoma de México, con especialidad en Derecho Ambiental por la Universidad Panamericana. Ha sido director de Evaluación y Control de Legislación y Consulta de la Procuraduría Fiscal de la Federación y coordinador general Jurídico de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Es autor de numerosos artículos en materia ambiental en revistas especializadas, profesor de la Universidad Nacional Autónoma de México y de la Universidad Panamericana y presidente de la Comisión de Tecnología de la Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos.

*José Luis Fernández Zayas.* Doctor en Ingeniería por la Universidad de Bristol, Inglaterra. Desde 1975 es profesor e investigador de tiempo completo en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Ha presidido la Academia de Ingeniería y ha establecido centros privados de diseño de ingeniería y dirigido empresas productoras de equipo electromecánico. En la actualidad es coordinador del Foro Con-

sultivo de Ciencia y Tecnología, órgano autónomo y permanente de consulta del Poder Ejecutivo Federal.

*Francisco Xavier Soberón Mainero.* Maestro y doctor en Investigación Biomédica Básica por el Instituto de Investigaciones Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, es miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Ha sido distinguido con la medalla Gabino Barreda. Autor de diversos libros y artículos en revistas especializadas, es investigador del Departamento de Ingeniería Celular y Biocatálisis y tutor de maestría y doctorado en el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

*Rosalinda Contreras Theurel.* Doctora en Química por la Universidad Paul Sabatier de Toulouse, Francia, donde al igual que en las Universidades de Purdue y Munich ha sido investigadora visitante. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, del Comité Científico Estadounidense de los Talleres de Química del Boro y de la Academia de Ciencias de Bavaria. Autora de artículos de investigación en revistas especializadas, es directora general del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav), del Instituto Politécnico Nacional.

*David Romo Murillo.* Doctor en Políticas Públicas por la Universidad de Princeton. Ha sido investigador en el Instituto de Investigaciones Eléctricas y en la Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas. Profesor en la

Universidad de Princeton y en el Instituto Tecnológico Autónomo de México. En el año 2002 recibió el Premio a la Investigación Científica y Tecnológica del Centro de Investigación y Docencia Económicas, institución en la que coordina el Programa de Ciencia y Tecnología. Además, es investigador asociado del Centro de Estudios de Competitividad del Instituto Tecnológico Autónomo de México y consultor independiente.

*René Drucker Colín.* Doctor en Fisiología, ex presidente de la Academia Mexicana de Ciencias, investigador emérito del Instituto de Fisiología Celular de la Universidad Nacional Autónoma de México, institución en la que ocupa el cargo de coordinador de la Investigación Científica. Entre las distinciones que ha recibido destacan el Premio Nacional de Ciencias y Artes y el Premio en Investigación Científica de la Universidad Nacional Autónoma de México. Además, ha recibido el Reconocimiento Especial por Trayectoria Científica de la Sociedad Internacional de Neurociencia y el doctorado *Honoris Causa* de la Universidad Nacional Autónoma de México.

*Miguel Odilón Chávez Lomelí.* Maestro en Ciencias por la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica. Ha sido director del Centro Regional en el Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos; profesor en la Universidad Nacional Autónoma de México y profesor-investigador de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Autor de libros y artículos de investigación y de divulgación en revistas nacionales e internacionales.

les, es director general del Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Tabasco y presidente de la Red Nacional de Consejos y Organismos Estatales de Ciencia y Tecnología.

*La ciencia y la tecnología como ejes  
de la competitividad de México*  
se terminó de imprimir en la Cámara  
de Diputados en julio de 2006.  
El tiraje consta de mil ejemplares.