

# Ciencia, tecnología e innovación

*Hacia una agenda de política pública*

Giovanna Valenti Nigrini  
Coordinadora



Serie

Dilemas de las Políticas Públicas  
en LATINOAMÉRICA

# Ciencia, tecnología e innovación

*Hacia una agenda de política pública*

Giovanna Valenti Nigrini  
Coordinadora



# **Ciencia, tecnología e innovación**

## **Hacia una agenda de política pública**

Giovanna Valenti Nigrini  
Coordinadora

**Serie**  
**Dilemas de las políticas**  
**públicas en Latinoamérica**



**FLACSO**  
MÉXICO

## Índice

Prólogo

*Giovanna Valenti Nigrini*

Introducción. Situando la agenda de los sistemas nacionales de innovación

*Giovanna Valenti Nigrini*

Las prioridades en educación, ciencia, tecnología e innovación. Una perspectiva general del problema

*Gustavo Chapela Castaños*

Innovación y cultura científico-tecnológica: desafíos de la sociedad del conocimiento

*León Olivé*

Las políticas tecnológicas en América Latina: una revisión crítica

*Mario Cimoli*

Cambios institucionales y espacios para la investigación científica y la innovación en México

*Daniel Villavicencio*

El financiamiento del sistema nacional de ciencia y tecnología

*Carlos Bazdresch Parada*

Políticas de financiamiento en investigación y desarrollo para *endogeneizar* la innovación en el sector productivo y empresarial

*Gabriela Dutrénit*

Incentivos, mecanismos e instituciones económicas presupuestas en el ordenamiento legal mexicano vigente

para la ciencia y la tecnología

*Martín Puchet Anyul*

Política científica para el siglo XXI. Prioridades para la agenda nacional en ciencia, tecnología e innovación

*José Luis Fernández Zayas*

De cómo aprovecha el mundo del trabajo en México los recursos humanos altamente capacitados

*Giovanna Valenti Nigrini, Gabriela Becerril y Rodrigo Salazar*

Nuevas exigencias en recursos humanos ante escenarios de innovación

*Simon Schwartzman*

Instituciones educativas y exigencias de formación de recursos humanos de alto nivel

*José Enrique Villa Rivera*

Un análisis de la productividad de la comunidad científica mexicana

*Claudia N. González Brambila*

La diáspora calificada: un recurso crítico en la construcción de la sociedad del conocimiento

*Mónica Casalet Ravenna*

La experiencia canadiense en materia de cooperación y coordinación en investigación y desarrollo: el caso de las redes de centros de excelencia

*Frédéric Lesemann y Caroline Cousot*

Laboratorio Franco-Mexicano de Informática (Lafmi): un nuevo modelo de cooperación internacional

*María Cristina Loyo Varela*

# Avances y retos de la gestión del conocimiento para el desarrollo

*Joaquim Tres Viladomat*

Notas

Créditos

## Prólogo

**E**l presente libro es resultado del seminario “Prioridades para la definición de la agenda en ciencia y tecnología”, auspiciado por la sede en México de la Escuela Iberoamericana de Gobierno y Políticas Públicas (Ibergop México) y organizado por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Flacso México), en colaboración con la Oficina de la Presidencia para las Políticas Públicas, los días 25 y 26 de octubre de 2006 en la ciudad de México.

El objetivo era difundir entre funcionarios públicos, investigadores y público interesado, los principales enfoques y problemas que enfrenta el desarrollo económico del país respecto de la generación de capacidades tecnológicas, formación de recursos humanos de alta calidad y la vinculación entre los sectores académico, gubernamental y productivo, como una serie de elementos que actualmente tienen una amplia incidencia en el desarrollo económico y la generación de bienestar en la sociedad. Con este propósito, se decidió reunir a un nutrido grupo de especialistas nacionales e internacionales, funcionarios del gobierno federal, representantes de organismos internacionales y miembros de la iniciativa privada, interesados o relacionados directamente con el estudio, la toma de decisiones y el quehacer de la ciencia, tecnología e innovación en México y otros países.

En el seminario se precisó que son indispensables políticas públicas que fortalezcan la generación de la ciencia y la tecnología en el país, en cuanto al financiamiento, a la investigación, la cooperación

internacional, la formación de recursos humanos y su absorción por parte del mercado laboral, así como del fortalecimiento institucional y de redes nacionales e internacionales para la innovación. Durante los dos días de dicho evento, en la mayoría de las mesas de trabajo se señaló que uno de los factores determinantes para incrementar los niveles de competitividad es la conformación de un sistema de innovación que vincule a los principales actores involucrados en la producción de bienes y servicios, dentro del escenario global de una economía basada en el conocimiento.

La determinación de una agenda de prioridades para cualquier tipo de política pública consta de un diagnóstico de la situación que guarda el área que se espera impactar, seguido de una serie de recomendaciones que incrementen las probabilidades hacia una situación cualitativamente superior, más cercana al estado deseado. Al hablar de una agenda de prioridades, esperamos señalar los medios adecuados para obtener ciertos fines, así como los criterios para optar entre cursos de acción alternativos y entre fines deseables, cuando no se puedan obtener dos o más al mismo tiempo.

La definición de la agenda de prioridades, no se desarrollaría correctamente sin la previa caracterización de un marco interpretativo. Dicho marco nos otorga, en primer lugar, el parangón normativo para establecer cuáles son los estados deseables a los que se desea llegar mediante la intervención planteada. Si diferentes tipos de intervención producen resultados distintos, la decisión debe estar ligada a nuestro diagnóstico, de tal forma que muestre los ejes que nos aproximan o desvían del estado deseado.

Además de este componente normativo, el marco de interpretación nos proporciona una teoría de carácter

técnico, mediante la cual se vinculan las acciones con los impactos. Es decir, una línea que orienta hacia dónde queremos que se dirija el objetivo de la intervención. Requerimos de una teoría que nos habilite para anticipar que a determinada acción corresponde un resultado específico y no un resultado indeseado o ningún cambio en absoluto. En ese mismo sentido, las teorías varían entre sí en cuanto al número de factores que toman en cuenta y la medida en que se contemplan interacciones entre estos factores.

Con este seminario se buscó obtener contribuciones diversas para la elaboración de un diagnóstico del estado de la ciencia, la tecnología y la innovación. En la selección de los diversos participantes, se buscó la heterogeneidad en relación con los procesos de innovación, con el fin de que estuviesen representadas las perspectivas del análisis sistemático, la toma de decisiones y la actividad innovadora en sí. Con el espíritu de aprovechar al máximo esta heterogeneidad, se pidió a los participantes que se refirieran a un tema determinado desde la óptica que les brinda su ámbito de acción, sin restricciones en cuanto a enfoques o hipótesis a verificar.

Con el fin de difundir y compartir con un público más amplio las opiniones, comentarios y experiencias vertidas, se reúnen en este volumen los trabajos expuestos. La serie de conferencias magistrales, ponencias y charlas constituyen un conjunto de textos cuyo principal objetivo es contribuir a la mejora en la comprensión y la toma de decisiones en materia de ciencia, tecnología e innovación.

Este seminario no hubiera sido posible sin la contribución y recursos de la sede México de Ibergop. En especial agradecemos a los licenciados Rodrigo Núñez y Patricia Sánchez, así como al equipo técnico y administrativo el apoyo para la realización de este evento.

Asimismo, la Flacso México agradece la colaboración de los participantes, especialistas académicos, funcionarios y representantes de organismos e iniciativa privada, así como a los asistentes, quienes en conjunto expusieron ideas, experiencias y propuestas sobre problemáticas y políticas para solucionarlos, acerca de la definición de las prioridades para la formulación de una agenda en ciencia, tecnología e innovación de mediano y largo plazo para el país. De manera especial, la Flacso México agradece el apoyo de las instituciones que colaboraron para la publicación de este documento: a la sede México de Ibergop y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su iniciativa y participación.

Esperamos que este libro sea de utilidad a los lectores y, asimismo, fomente una visión de la innovación tecnológica como elemento estratégico para la formulación de políticas públicas que redunden en la generación de mejores oportunidades para los países y el bienestar de la población. ■

Giovanna Valenti Nigrini

# **Introducción.**

## **Situando la agenda de los sistemas nacionales de innovación**

Giovanna Valenti Nigrini

### **El enfoque del sistema nacional de innovación**

**E**l enfoque de los sistemas nacionales de innovación (SNI) ha ganado un terreno propio, ya que integra un marco interpretativo para establecer las prioridades en cuanto a la agenda de ciencia, tecnología e innovación, en el marco de una sociedad y economía cada vez más centrada en el valor del conocimiento. El enfoque no sólo se ha difundido más, sino que sus principales postulados son aceptados tanto por quienes se encargan de tomar decisiones en el sector público, como por algunos actores del sector empresarial.

El enfoque de los SNI está guiado por dos premisas: en primer lugar, asume como una afirmación que la innovación es el factor que otorga la principal ventaja comparativa distinguida en dos ámbitos: el de las empresas y el que contribuye al desarrollo de las economías nacionales. Las empresas con mayor capacidad de generar nuevos procesos y productos son las que consiguen las mejores posiciones competitivas en el mercado global. Esta capacidad, a su vez, está condicionada por el conocimiento encarnado en los individuos y en el nivel tecnológico de las empresas. Ahora bien, y he aquí la segunda premisa, aunque las empresas que operan en un ambiente de libre

competencia obtendrían beneficios claros al incrementar sus capacidades para la innovación, la competencia no es en sí misma suficiente para que las empresas acometan ese esfuerzo. Para ello se requiere de la acción coordinada de actores e instituciones que generen y fortalezcan las capacidades competitivas del sector. El grado en que las empresas aumenten sus capacidades de innovación, depende en gran medida de las características del contexto donde surja la competencia y la capacidad de coordinación de los agentes involucrados.

En este sentido, el conocimiento en forma de capital humano y la tecnología siempre han sido centrales para el crecimiento económico. Sin embargo, en los últimos años han adquirido mayor relevancia como un elemento que intensifica la producción de bienes de consumo. Diríamos que la “sociedad del conocimiento” es un paradigma en el que la economía identifica los factores asociados con la educación, la tecnología y la innovación como los principales elementos asociados al crecimiento y desarrollo económicos.

La importancia del conocimiento reside en su capacidad para incrementar la productividad y con ello incidir en el crecimiento económico. Así, una economía basada en el conocimiento confía principalmente en el uso de las ideas, en lugar de las habilidades físicas, y en la aplicación de tecnología en lugar de la explotación de recursos naturales. De esta manera, la innovación tecnológica adquiere una función cada vez más importante en el desempeño económico.

La irrupción y desarrollo de las nuevas tecnologías generan cambios estructurales en las relaciones económicas, laborales, educativas y políticas. A diferencia de las formas de producción tradicionales, en las que la mayoría de los trabajos se basan en funciones rutinarias, en

una economía basada en el conocimiento constantemente se producen cambios, por lo que la adquisición de nuevas habilidades y la innovación tecnológica son vitales. Para responder a la nueva dinámica económica se necesitan sistemas de formación y producción más flexibles, no tan rígidos como los tradicionales, los cuales todavía están presentes en sociedades no desarrolladas.

El cambio tecnológico incrementa relativamente la producción marginal del capital a través de la educación y el entrenamiento de los trabajadores, las inversiones en investigación y desarrollo (I&D), así como la creación de nuevas estructuras gerenciales y organizacionales de trabajo. Algunos estudios demuestran que en el siglo xx el capital físico como factor de producción creció más rápido que el capital humano, sin embargo, no existen señales de que eso haya reducido la tasa de retorno relativa a la educación y el entrenamiento (Abramovitz, 1989). Las inversiones en conocimiento y formación de capacidades (*capabilities*) se caracterizan más por el incremento en las tasas de retorno que por su decrecimiento. Tales hallazgos han sugerido que el conocimiento es un factor más importante dentro del modelo de crecimiento económico que lo que la teoría económica predominante suponía.

En la década de 1990, el uso de la alta tecnología en la producción manufacturera de los países de la OCDE, junto con las exploraciones de alta tecnología, han crecido más del doble, alcanzando entre 20 y 25 por ciento. Asimismo, el conocimiento intensivo en el sector servicios, como la educación, comunicaciones e información, crecen cada vez con mayor velocidad. Ciertamente, se calcula que más de 50 por ciento del PIB en la mayoría de las economías de la OCDE se sustenta en el modelo basado en el conocimiento.

Cabe señalar que el papel económico del conocimiento no es propiamente una aportación del enfoque del SNI.

Algunos enfoques económicos ya lo habían contemplado como parte de sus críticas a los modelos ortodoxos. Por un lado, la teoría del capital humano había establecido que las capacidades de los individuos, adquiridas por escolaridad formal o capacitación específica en el lugar de trabajo, producían incrementos en el producto, independientes de —y descontando por— las inversiones en cantidad de fuerza de trabajo y maquinaria. Por otro lado, la teoría del crecimiento endógeno había establecido que la inversión en tecnología producía un incremento constante (es decir, no decreciente) en el producto.

De acuerdo con la función de producción de los modelos más ortodoxos, las tasas de retorno disminuyen entre más capital se incorpore a la economía. Tal efecto se compensaría gracias al flujo de la nueva tecnología, por lo que el progreso tecnológico se considera una máquina del crecimiento. En las nuevas teorías del crecimiento, se piensa que el conocimiento incrementaría los retornos de las inversiones, las cuales, a su vez, pueden contribuir a la acumulación del conocimiento.

Algunas teorías económicas se fundamentan en un enfoque en el que el actor es racional para dar cuenta del cambio tecnológico, esto es, que plantea explícitamente las metas que se quieren lograr con dicho cambio. Para estas teorías, en el nivel micro, existen actores que toman decisiones en torno del avance tecnológico, en razón de la maximización de la ganancia, bajo escenarios limitados. Los propuestos son fundamentalmente modelos que, si bien incluyen equilibrios intertemporales, no son útiles para dar cuenta de un sistema tan dinámico. En este sentido, resulta indudable que la innovación se halla, en cualesquier momento y lugar, limitada por lo que es científica y técnicamente posible.

Para las teorías económicas ortodoxas, el cambio tecnológico y la innovación son resultado de un mecanismo de sustitución dado por los precios relativos de los factores, esto es, un alto precio del trabajo o del capital conduce a la innovación de este último o viceversa (Hicks, 1932: 125). Sin embargo, de acuerdo con Elster (1990), si el precio del trabajo relativo al capital aumenta en la economía, de tal manera que todos los empresarios simultáneamente se enfrentan a costos ascendentes, entonces todos buscarán realizar innovaciones para ahorrar, por lo que habría una caída generalizada de la demanda agregada de trabajo y, por ende, de los salarios. Este argumento implica que las innovaciones serían una respuesta al alza de los salarios. No obstante, la proporción de aquéllos es un parámetro para cada empresario.

En este sentido, si hubiera una tendencia hacia la innovación como elemento para el ahorro del costo del trabajo, entonces los beneficios colectivos surgirían como subproducto de ello y no como elemento fundamental del cambio en la producción y el incremento de la competitividad de las empresas. En esta argumentación, la innovación representa un beneficio sólo si todos los empresarios actúan de igual manera. En caso de que no actúen con la misma lógica, no existirían incentivos para innovar por parte de los empresarios, puesto que la innovación implicaría más costos que beneficios.

Las innovaciones significan un provecho para la sociedad en su conjunto, cuyo logro implica un gran esfuerzo. Innovar también requiere de incentivos suficientes para que el innovador genere tales descubrimientos. En muchas ocasiones, las razones de producción de información, los intereses individuales y sociales de la innovación divergen y obstaculizan las innovaciones. Con otras palabras, en ocasiones resulta más

costoso innovar que mantener el *statu quo* tecnológico u organizacional.

En este sentido, el enfoque del SNI tiene como rasgo peculiar contemplar la interacción de estos aspectos del cambio tecnológico y su dependencia de los incentivos ofrecidos por el conocimiento científico y técnico, como elementos clave de los que componen los factores contextuales que explican la innovación. Al hacerlo, enfatiza el carácter no automático de vinculaciones que las teorías anteriores daban por sentadas. En primer lugar, el incremento del capital humano no conduce necesaria o constantemente a incrementos acelerados en el producto. En segundo, las ventajas de la actualización tecnológica no son suficientes para inducir a las empresas a su realización. El enfoque del SNI no rechaza los postulados de las teorías del capital humano y el crecimiento endógeno, sino que problematiza el carácter “lineal” que cada una de éstas atribuye al efecto de la variable en la que, respectivamente, centran su interés.

Tal enfoque surge como parte de una línea de análisis dentro de los modelos económicos que proponen una explicación evolucionista, metafóricamente entendida, del cambio tecnológico (Nelson *et al.*, 1976; Dosi, 1988). La perspectiva de Nelson *et al.* (1976) en su teoría es similar a lo que trata la economía neoclásica: explicar la proporción del cambio tecnológico, la estructura de mercado como una variable endógena, el factor de propensión del cambio tecnológico, la importancia relativa de la innovación y de la imitación en el cambio de tecnología. Pero las herramientas analíticas que utilizan difieren de las del modelo neoclásico. En principio, rechazan el concepto de función de producción como conceptualización correcta del estado del conocimiento tecnológico.

De la teoría general de la satisfacción se podría desprender que no se esperaría que las empresas tengan en sus manos un conocimiento detallado de las técnicas diferentes a las que estuvieran utilizando en un momento determinado. Esto implica que si una empresa se ve en la necesidad de cambiar la técnica, tendrá que buscar garantías para ser mejor de la que emplea en ese momento. El mejor modelo de probabilidad para esta búsqueda se obtiene suponiendo que la probabilidad de encontrar una técnica superior, ya sea por innovación o imitación, es una función de la cantidad invertida en la búsqueda.

Las empresas requieren, por lo tanto, de agentes externos que aporten insumos para la producción de un insumo innovador. En la actualidad, diversas empresas cuentan con laboratorios o espacios donde desarrollan estos productos, pero aun así resultan insuficientes. Además, la tarea de las empresas no es desarrollar investigación aplicable a sus cadenas productivas. Esa tarea corresponde a otro tipo de instituciones especializadas en desarrollar capacidades relacionadas con la producción de conocimiento y tecnología utilizable, la cual sería aprovechada por las empresas. En este sentido, las empresas satisfacen sus necesidades de conocimiento estableciendo políticas de I&D que las vuelvan más competitivas en el mercado.

La primera premisa del enfoque de los SNI es su adopción, la cual impone un compromiso teórico con la siguiente afirmación: incrementos constantes en la innovación de las empresas producen rendimientos también constantes en el producto. La implicación normativa es clara. Cualesquiera que sean las prioridades de la agenda de ciencia y tecnología, su objetivo es el incremento de la capacidad innovadora de las empresas, con el fin de mejorar la inserción del país como un todo en

el mercado global. En segundo lugar, el enfoque del SNI, ya sea implícita o explícitamente, asume que los factores contextuales que interactúan con el conocimiento pueden ser orientados; esto es, que son objeto de manipulación intencional con vistas a un objetivo. El recurso del conocimiento que en un momento dado no está produciendo los rendimientos económicos esperados puede comenzar a producirlos si se modifica la variable contextual correspondiente. De tal premisa se puede afirmar que el uso del SNI como concepto para estudiar la convergencia de los sectores productivo y científico es más una herramienta analítica que un esquema descriptivo (Dutrénit, en este mismo libro).

La innovación prescrita por el enfoque del SNI es una que orienta el conocimiento científico al mercado. Para que la innovación incida en el crecimiento económico, es necesario traducirlo en bienes y procesos competitivos. Diversos estudios destacan que, para lograr la consolidación de un sistema nacional de investigación, es necesario establecer vinculaciones entre esferas que generalmente se conciben como separadas. Un sistema como éste en operación consigue una integración en cadena que va de la formación de recursos humanos en ciencia y tecnología (RHCT), la investigación científica, las aplicaciones tecnológicas a los procesos productivos y las aplicaciones tecnológicas, en la satisfacción de las necesidades de individuos y sociedades. Desde esta perspectiva, las rígidas fronteras entre el conocimiento científico y el tecnológico devienen inoperantes (Olivé, en este mismo libro).

El conjunto de variables contextuales que determinan la relación entre ciencia y tecnología e innovación serían operacionalizadas como el marco regulatorio que moldea la acción de los agentes. Este marco proporciona la

estructura de incentivos que estimulan determinados comportamientos, a la vez que inhibe otros; incluye las reglas formales y las informales que desarrollan los agentes para eficientar sus acciones, al igual que las políticas públicas y las modificaciones del comportamiento a partir de la información que reciben los agentes de los resultados de acciones pasadas (Puchet, en este mismo libro). La conformación específica del conjunto del marco institucional *ad hoc* determina el grado de integración de las etapas del proceso de innovación, pero a la vez puede representar un peso muerto que inhibe dicha integración (Villa, en este mismo libro).

En México y otros países de América Latina, durante décadas se asumió la creación de conocimiento en su doble dimensión de capital humano y resultados de la investigación científica, desde una perspectiva monolineal de impulso de la oferta. El Estado promovió la expansión de la matrícula universitaria y financió la investigación, con poco interés en la pertinencia económica y social del conocimiento así generado. Ya sea consciente o inconscientemente, esta visión confiaba en que la oferta del flujo de conocimiento encontraría ubicación de manera automática en el sector privado. La verificación de que esto se dio, pero en muy baja escala, ha propiciado la indagación de las condiciones que impedirían la relación esperada.

Actualmente, se presta más atención a las necesidades del sector privado en contratar trabajadores más productivos, lo que, manteniendo todo lo demás de forma constante, significa trabajadores con mayores habilidades.

De hecho, las empresas esperan de los centros educativos que los recursos humanos dispongan de un nivel de calificación que facilite su integración a las necesidades de las empresas, tanto productivas como organizativas.

Aunque también es cierto que no siempre existe claridad sobre estas necesidades, sobre todo si pensamos en las competencias para la innovación. Estos desarrollos presionan el perfil de formación profesional, como es el caso de los ingenieros y científicos, representativos de la economía del conocimiento, lo que a su vez impacta en la necesidad de modificar y flexibilizar los planes de estudios (Villa, en este mismo libro).

Ajustar la oferta de formación de recursos humanos altamente calificados a las necesidades del mundo productivo implica modificaciones en el patrón vocacional de América Latina, donde los estudiantes involucrados en la formación técnica y científica representan un segmento reducido; así como una mejor exploración de las potencialidades de la formación técnica en el nivel secundario (Schwartzman, en este mismo).

Una falta de ajuste entre las habilidades demandadas por parte de las empresas y los recursos humanos generados en los centros de educación provocaría el flujo de estos últimos hacia actividades y sectores económicos en los cuales sus conocimientos reciben un premio salarial menor al esperado para su nivel educativo y en los que realizan actividades de una naturaleza tal que se podría afirmar que las habilidades de este recurso humano se subutilizan (Valenti *et al.*, en este mismo libro).

Desde la perspectiva de la empresa individual, un elemento importante de la cultura organizacional consiste en el desarrollo de sistemas de gestión del conocimiento. Mediante la gestión adecuada, la inversión en investigación y desarrollo no constituye un gasto, sino que potencia la transformación del conocimiento (Tres, en este mismo libro). La gestión del conocimiento tiene como objeto la gestión de la tecnología y la de la innovación. La primera identifica el potencial y los problemas tecnológicos de las

empresas, reforzando la competitividad en el largo plazo. La segunda permite mejorar la organización y dirección de los recursos (humanos y económicos), con la finalidad de generar ideas técnicas que conduzcan a la obtención de nuevos productos, procesos y servicios.

El hecho de que la innovación se haya transformado en un condicionante del crecimiento es una propiedad definitoria de lo que se conoce como “economía del conocimiento”. Las sociedades en las que el conocimiento y sus aplicaciones prácticas tienen un carácter generalizado son las que disponen de condiciones más adecuadas para la incorporación dinámica del saber en los procesos productivos. Las sociedades del conocimiento tienen atributos como el acceso a información y la capacidad para absorberlo e interpretarlo, lo cual proviene principalmente de la educación y las oportunidades para utilizar dicho conocimiento en la toma de decisiones en función del bienestar. Este proceso de aprehensión de conocimiento lo ofrece el aprendizaje, entendido como la transformación del conocimiento en experiencias de acción mejorada.

En las sociedades del conocimiento, la apropiación de éste debe tener un carácter público. Esto plantea a los países en desarrollo un problema referente a la secuencia de las decisiones. Es posible que la creación de un SNI en este tipo de países requiera de decisiones cualitativamente diferentes a las tomadas en los países avanzados, donde el desarrollo de una masa crítica fue previo al establecimiento del SNI (Dutrénit, en este mismo libro). Esto no quiere decir de ninguna forma que se debe abandonar el esfuerzo práctico o el concepto mismo de SNI, por considerarse que sólo es apropiado a partir de cierto nivel de desarrollo. Al contrario, las experiencias empíricas de Chile, Corea y España muestran que la construcción deliberada de un SNI

contribuye a que los países den saltos cualitativos en su desarrollo.

Es posible que una comparación sistemática entre los casos exitosos y aquellos que no lo han sido, permitiría saber el papel desempeñado por la capacidad de los diversos actores involucrados para integrarse en la formulación del planteamiento e identificación de los problemas, la generación del conocimiento y la oferta de soluciones. La integración de todos los actores relevantes en estas tareas evitaría la divergencia de objetivos que se produce en un escenario de toma de decisiones aisladas (Olivé, en este mismo libro).

Alternativamente, un medio para producir esta masa crítica habilitadora de un SNI es la difusión del conocimiento, en conjunto con medidas para propiciar prácticas de absorción y apropiación social de los resultados de la investigación científica y tecnológica (Villavicencio, en este mismo libro). Un medio de difusión útil para la apropiación del conocimiento son las redes.

Éstas, como objeto de intervención, tienen la ventaja de que, desde la perspectiva de las políticas públicas, consisten no en la creación de un medio que no existía previamente, sino en el aprovechamiento del capital social existente, creado por vínculos de confianza en las relaciones sociales espontáneas. Existe evidencia que respalda la idea de que a través de las redes sociales los países en desarrollo absorben conocimiento generado en países desarrollados (Casalet y Loyo, en este mismo libro). También existen casos que demuestran la posibilidad de crear redes deliberadamente, con el fin de establecer relaciones cooperativas entre los creadores de ideas y sus posibles explotadores comerciales a partir de la figura del consorcio. Otra posibilidad, de igual modo, la ofrece la transferencia de conocimiento a través de redes

interempresariales, las cuales generan modelos de producción en red. Para que las redes creadas ex profeso emulen los efectos de las redes espontáneas, es preciso que sus integrantes participen en éstas voluntariamente porque consideran que así satisfacen adecuadamente sus propósitos particulares.

Además de ser un mecanismo de transferencia de conocimiento, la noción de red representa el nivel meso de los SNI, pues actúan entre las empresas y los portadores individuales de conocimiento (nivel micro) y las condicionantes contextuales de la transformación de conocimiento en crecimiento (nivel macro). Los integrantes de una red tendrían relaciones geográficas, funcionales o tecnológicas, en las cuales lo importante es identificar flujos de conocimiento e información, las formas de organización y el capital humano.

Uno de los temas principales al hablar de redes consiste en la vinculación entre universidad y empresa. Vinculación orientada a la productividad de las empresas, la cual pasa por el incremento de la calidad en la formación de los recursos humanos y de la percepción de utilidad asociada a la inversión en ciencia y tecnología por parte de las empresas. Experiencias casuísticas que aún deben estudiarse con mayor detenimiento y en un marco comparativo, demuestran cómo las empresas que combinan esfuerzos de innovación propios con mecanismos de vinculación con los centros de investigación, consiguen mejores posiciones en mercados altamente competitivos (López-Martínez, 2006).

El concepto de SNI se basa en una asociación entre conocimiento y crecimiento económico a través de la innovación. Anteriormente, esta rama teórica había dado pie a pensar —papel no codificado— en que los individuos pertenecientes a un ambiente organizacional determinado

cooperaban de manera informal para resolver problemas en equipo. En los ensayos que aquí se presentan se plantea una visión más amplia del concepto; propuestas como la creación de un sistema social de innovación, con el cual se intenta apuntar a la posibilidad de aprovechar todos los tipos de conocimiento, en este caso aprovechando la estructura social para resolver problemas públicos.

En el terreno de las políticas públicas, se destaca como criterio orientador para la selección de áreas prioritarias, como la de materiales avanzados, software y contenidos de las TIC, biotecnología (en especial la relacionada con la genómica), procesos avanzados de manufactura y desarrollo sustentable como fuentes alternas de energía y recursos agrícolas.

Es evidente que existe una gran necesidad de impulsar la innovación, vinculando la política de ciencia y tecnología con las políticas industrial y la económica. En la medida en que la innovación en las empresas represente un costo de aprendizaje y éste no sea absorbido por el mercado, el Estado tendrá que asimilarlo mediante subsidios, proteger al sector o permitir la inversión extranjera, siempre que se acepte que la innovación tiene visos de bien público. Dicha política habrá de apoyar a los sectores basados en el conocimiento bajo el supuesto de que en la actualidad éstos marcan la pauta del crecimiento. Otros focos de intervención potencial están determinados por el impulso a la innovación en las pequeñas y medianas empresas, con políticas destinadas a la innovación y la modificación de la estructura industrial, mediante reformas a los sectores intensivos en tecnología.

El caso mexicano tiene algunas particularidades. El enfoque gubernamental respecto de la política de ciencia y tecnología se ha centrado en el diseño institucional. Se han suscitado cambios normativos desde la creación de la Ley

en Ciencia y Tecnología, la Ley Orgánica del Conacyt y las normas oficiales mexicanas (NOM). Este ambiente normativo otorga certidumbre al financiamiento de ciencia, tecnología e innovación, a la vez que sienta las bases de operación de los instrumentos (Dutrénit, en este mismo libro). Al mismo tiempo, se registra una evolución de programas que fomentan no sólo la investigación científica, sino también la innovación. El primero de éstos fueron los estímulos fiscales. Más tarde, aparecieron los programas con miras a resolver problemas de ciertos sectores o entidades federativas, a través de un fideicomiso entre secretarías de Estado, gobiernos estatales y el Conacyt. Los programas de última generación están orientados, en mayor medida, a fomentar la innovación dentro de las empresas. Estos programas ya asocian un capital de riesgo a los proyectos de inversión y desarrollo (I&D).

En cuanto al comportamiento de las empresas, se ha notado un incremento de la proporción del gasto en investigación y desarrollo financiado por la iniciativa privada, pasando de 20 por ciento en 2000 a 35 por ciento en 2005 (Bazdresch y Orozco, en este mismo libro). En el plano de las dificultades, se registra un gasto insuficiente en ciencia y tecnología: sólo 0.38 por ciento del PIB en el último año del sexenio, frente a 1 por ciento del PIB que recomiendan los organismos internacionales y que gastan los países que han logrado un desarrollo económico debida a la inversión en innovación. Aún se notan fluctuaciones por año, es decir, un comportamiento inestable (Fernández, en este mismo libro).

Asimismo, el hecho de que la formación de los recursos humanos en ciencia y tecnología aún sea insuficiente implica que, a su vez, la masa crítica para el montaje de un SNI sea también insuficiente, situación que llevó a plantear que resolver esta dificultad con la formación de recursos

humanos de alto nivel tendría que ser la prioridad de la agenda. El fundamento de esta perspectiva es muy simple: “No es posible progresar desde un punto de vista tecnológico, si no se ofrece a la gente la preparación adecuada para operar y en su caso para utilizar determinados sistemas técnicos” (Olivé, en este mismo libro).

En resumen, en México, uno de los planos donde se ha detectado mayor debilidad está determinado por la existencia de políticas desarticuladas y no alineadas a los objetivos de las políticas de ciencia y tecnología provenientes de otras áreas o secretarías.

En otras palabras, las políticas tecnológicas deben ser parte constitutiva de las políticas económico-industriales para generar capacidades competitivas en las organizaciones productivas y en el sistema económico en general. Las políticas educativas, de ciencia, tecnología e innovación, deben ir de la mano, no sólo en estrecha vinculación y coordinación, sino que simplemente deberían ser aspectos distintos de una misma política.

La falta de integración se refleja incluso en los mismos instrumentos de ciencia y tecnología, los cuales, adicionalmente, carecen de falta de transparencia y poca difusión en lo que compete a sus resultados. Adicionalmente, la mayoría de los instrumentos que fomentan la innovación atienden las últimas etapas de I&D y las actividades de innovación no basadas en éstas. Sólo los estímulos fiscales se orientan al desarrollo de tecnología (Dutrénit, en este mismo libro).

Por otro lado, varios programas que fomentan la innovación (fondos sectoriales, fondos mixtos, subsidios a empresas, estímulos fiscales, Avance, Red de talentos) son, relativamente, de reciente creación, por lo que aún no dan resultados para evaluar por completo su efectividad. A esto

debe añadirse la diversificación de los programas de ciencia, tecnología e innovación, sin que crezca el monto asignado. Los instrumentos fomentan capacidades ya establecidas, pero no hay programas que generen nuevas capacidades. Tampoco hay instrumentos para la transferencia, asimilación y mejora de tecnologías.

Los recursos necesarios para incentivar la inversión privada aún son insuficientes. En 2005, se gastó el 0.2 por ciento del gasto federal en ciencia y tecnología en subsidios a las empresas. Dutrénit aconseja que se gaste alrededor de 4 por ciento como parte de una propuesta integral y de largo plazo (18 años), con miras al crecimiento basado en la innovación.

Conviene recordar aquí que no es posible desarrollar un sistema de innovación sin contar con capital humano de calidad y con capacidades y habilidades para el desarrollo tecnológico competitivo en el mercado global. Por ello, es imprescindible establecer una política educativa integral en todos los niveles, pero principalmente en el terciario. En este sentido, la calidad basada en las tres pertinencias: científico-técnica, profesional y social debe seguir siendo una prioridad de la educación superior.

La formación de recursos humanos de calidad no proviene solamente de la demanda del mercado laboral. Por el contrario, debe promoverse desde el sistema educativo la importancia de las competencias y habilidades requeridas para incrementar la competitividad del país. Conviene fomentar el interés en la población por la formación técnica especializada y científica, mejorando los estándares de calidad en los centros educativos, las opciones laborales y de ingreso al mundo del trabajo, así como para fomentar el desarrollo profesional. La sociedad del conocimiento no es sólo una con más profesionales con doctorado, sino con mejores recursos humanos de

cualquier nivel escolar y con buenas condiciones para la generación y absorción de conocimiento. Los ensayos aquí presentados profundizan en los debates actuales para la construcción de la sociedad del conocimiento y el reforzamiento de una concepción integral que sirva de apoyo para el diseño de las políticas públicas orientadas a la innovación en el país. ■

## Referencias

- Abramovitz, Moses (1989). *Thinking about Growth: and Other Essays on Economic Growth and Welfare*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Aghion, Philippe y Peter Howitt (1998). *Endogenous Growth Theory*, Cambridge, MIT Press.
- Cimoli, Mario, ed. (2000). *Developing Innovation Systems. Mexico in a Global Context*, Londres, Continuum.
- Dosi, Giovanni (1988). *Technical Change and Economic Theory*, Nueva York, Printer.
- Elster, Jon (1990). *El cambio tecnológico. Investigaciones sobre la racionalidad y la transformación social*, México, Gedisa.
- Hicks, John R. (1958). *Revisión de la teoría de la demanda*, México, FCE.
- López-Martínez; Roberto E. y Andrea Piccaluga, eds. (2000). *Knowledge Flows in National Systems of Innovation*, Cheltenham, G.B., Edward Elgar.
- Lundvall, Bengt-Ake, ed. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Londres, Pinter.

- Nelson, Richard; S. Winter; H. Schuette (1976). "Technical Change in an Evolutionary Model", *Quarterly Journal of Economics*, núm. 90, pp. 90-118.
- Nelson, Richard (1993). *National Innovation System. A Comparative Analysis*, Oxford, Oxford University Press.
- OCDE (1998). *Human Capital Investment. An International Comparison*, París, Centre for education research and innovation, OCDE.
- Romer, Paul (1990). "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy* 98, núm. 5 (octubre), pp. 71-102.
- Schultz, Theodore W. (1961). "Investment in Human Capital", *The American Economic Review*, 51, núm. 1 (marzo), pp. 1-17.
- (1967). "The Rate of Return in Allocating Investment Resources in Education", *The Journal of Human Resources* 2, núm. 3 (verano), pp. 293-309.
- Schumpeter, Joseph (1976). *Capitalism, Socialism and Democracy*, San Francisco, Harper and Row.
- Solow, Robert M. (1956). "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *The Quarterly Journal of Economics* 70, núm. 1 (febrero), 65-94.
- Vence Deza, Xavier (1995). *Economía de la innovación y del cambio tecnológico*, México, Siglo XXI.

# Las prioridades en educación, ciencia, tecnología e innovación.

## Una perspectiva general del problema

Gustavo Chapela Castaños<sup>[\*]</sup>

**A**ntes de empezar, haré una breve retrospectiva para explicar la importancia del tema que nos ocupa. Me permitiré, pues, parafrasear el nombre del evento que nos convoca. Creo que las prioridades de la agenda son en educación superior, ciencia, tecnología e innovación; en este sentido, diré por qué estos temas deben ser prioritarios en la agenda nacional.

Primero me gustaría justificar por qué la educación superior forma parte de esa misma agenda. La formación de recursos humanos de alta calificación es condición fundamental para garantizar el crecimiento científico del país, su capacidad para la investigación tecnológica y, por supuesto, para la innovación. La agenda de prioridades tiene que reconocer el papel estratégico de la educación superior en las tareas de desarrollo científico y tecnológico. Además, es necesario entender que las instituciones de educación superior y de investigación son una pieza clave de los procesos de vinculación y articulación, necesarios para alinear el desarrollo científico con la tecnología y la innovación.

De los cuatro temas, a mi modo de ver, la innovación adquiere mayor preponderancia en la circunstancia actual, aunque todos estos elementos forman un cuarteto indisoluble. Como quiera que sea, una cosa llevará