

# Ciencia, tecnología e innovación

*Hacia una agenda de política pública*

Giovanna Valenti Nigrini  
Coordinadora



## Contenido

- 9 Prólogo  
**Giovanna Valenti Nigrini**
- 13 Introducción. Situando la agenda de los sistemas nacionales de innovación  
**Giovanna Valenti Nigrini**
- 27 Las prioridades en educación, ciencia, tecnología e innovación.  
Una perspectiva general del problema  
**Gustavo Chapela Castaños**
- 37 Innovación y cultura científico-tecnológica: desafíos de la sociedad  
del conocimiento  
**León Olivé**
- 57 Las políticas tecnológicas en América Latina: una revisión crítica  
**Mario Cimoli**
- 93 Cambios institucionales y espacios para la investigación científica  
y la innovación en México  
**Daniel Villavicencio**
- 123 El financiamiento del sistema nacional de ciencia y tecnología  
**Carlos Bzdresch Parada**
- 137 Políticas de financiamiento en investigación y desarrollo  
para *endogeneizar* la innovación en el sector productivo y empresarial  
**Gabriela Dutrénit**

- 169** Incentivos, mecanismos e instituciones económicas presupuestas en el ordenamiento legal mexicano vigente para la ciencia y la tecnología  
**Martín Puchet Anyul**
- 191** Política científica para el siglo XXI. Prioridades para la agenda nacional en ciencia, tecnología e innovación  
**José Luis Fernández Zayas**
- 205** De cómo aprovecha el mundo del trabajo en México los recursos humanos altamente capacitados  
**Giovanna Valenti Nigrini, Gabriela Becerril y Rodrigo Salazar**
- 223** Nuevas exigencias en recursos humanos ante escenarios de innovación  
**Simon Schwartzman**
- 247** Instituciones educativas y exigencias de formación de recursos humanos de alto nivel  
**José Enrique Villa Rivera**
- 261** Un análisis de la productividad de la comunidad científica mexicana  
**Claudia N. González Brambila**
- 277** La diáspora calificada: un recurso crítico en la construcción de la sociedad del conocimiento  
**Mónica Casalet Ravenna**
- 297** 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**
- 311** Laboratorio Franco-Mexicano de Informática (Lafmi): un nuevo modelo de cooperación internacional  
**María Cristina Loyo Varela**
- 333** Avances y retos de la gestión del conocimiento para el desarrollo  
**Joaquim Tres Viladomat**

## **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 co-

nocimiento 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 enten-

didia, 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