

SISTEMAS DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Juana R. Kuramoto

INTRODUCCIÓN

El concepto de sistema de innovación, acuñado hace un poco más de una década, se ha convertido desde entonces en una herramienta útil para ayudar a entender las diferencias en las tasas de progreso tecnológico que experimentan las naciones y regiones; y por ende, las diferencias en sus resultados económicos. Como cualquier concepto nuevo, su formulación y su ámbito explicatorio están en constante evolución: desde el uso inicial de metáforas para estructurar su significado, pasando por establecer distintos niveles de análisis, hasta hacer esfuerzos por formalizar el concepto para que, eventualmente, se pueda convertir en una teoría que permita explicar procesos.

De acuerdo con la tradición schumpeteriana, el crecimiento económico de los países está íntimamente ligado a la tasa de innovación tecnológica. Los países que han logrado tasas de crecimiento importantes han experimentado una reestructuración de sus aparatos productivos, en los cuales se hace uso de tecnologías más eficientes en sus procesos al mismo tiempo que se incrementa la variedad de productos. Todo esto no solo genera un gran impacto en los mercados nacionales, sino que permite una mayor competitividad en los mercados internacionales.

Esta visión resalta el rol de las empresas en los procesos de innovación tecnológica e incluso del avance científico. Se deja así de lado el modelo lineal de innovación en el que la innovación tecnológica depende de los avances científicos y de un posterior proceso de investigación aplicada y de desarrollo. Lo que se da en realidad es un proceso interactivo entre las distintas instituciones de investigación, empresas y clientes, en el cual cada agente aporta sus conocimientos y necesidades, que se constituyen en insumos necesarios para definir las características finales de la innovación y en el que se pueden sentar las bases para hacer

avances científicos. Al mismo tiempo, esta interacción constante permite que se difundan los avances científicos y tecnológicos, logrando de esta manera que las empresas menos innovadoras tengan acceso a los avances tecnológicos.

Esta interacción virtuosa, que se da en los países industrializados y en aquellos que han experimentado altas tasas de crecimiento económico, ha dado pie a la definición de una herramienta conceptual para analizar las distintas formas en las que se da el cambio tecnológico en un país o región. El sistema de innovación tecnológica (SIT) se refiere a las distintas instituciones, empresas y gobierno que conforman el aparato científico y tecnológico, y a la manera en que cada uno de estos agentes interactúa para la creación, difusión y utilización del conocimiento.

En países en desarrollo como el Perú, el concepto de sistema de innovación ha sido aceptado y está guiando la formulación de políticas. Es así que se ha formulado un Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, en el cual uno de los ejes centrales es el fortalecimiento de este sistema. Asimismo, las actividades de varias instituciones públicas y universidades están dirigidas a lograr una mayor interacción con otros agentes del sistema como las empresas y el Estado.

El presente artículo tiene como objetivo hacer una revisión bibliográfica para dar luces sobre su estado actual de desarrollo conceptual. En la primera sección se analiza cómo este concepto nace como una útil metáfora para describir las interrelaciones entre instituciones, que permite que el conocimiento pueda crearse, transmitirse y utilizarse con fines de generación de riqueza. Asimismo, se discute cómo su estudio está generando una teoría en la que el aprendizaje y la interacción son piedras angulares para los procesos de desarrollo económico. La segunda sección presenta los distintos enfoques en los que ha derivado el concepto de sistema de innovación y la pertinencia de cada uno de ellos para analizar aspectos específicos de la innovación tecnológica, tales como el comportamiento tecnológico de los sectores productivos, así como la dinámica detrás del desarrollo de tecnologías específicas. En la tercera sección se presentan los avances en la formalización del concepto de sistema de innovación, especialmente en la identificación de las diferentes funciones que se ejecutan para lograr la creación y transmisión de conocimiento. Asimismo, se presentan los avances en el tratamiento de los procesos de aprendizaje y de desarrollo económico. En la cuarta sección se presentan los resultados de algunos estudios que han aplicado el concepto de sistema de innovación para interpretar la realidad peruana. Por último, se presentan algunos comentarios finales.

1. SISTEMAS DE INNOVACIÓN: ¿TEORÍA O METÁFORA?

En su estudio sobre el sistema de innovación peruano, Mullin menciona que la frase *sistema de innovación* es “una poderosa metáfora para describir las muchas

interacciones entre varias instituciones, organizaciones y empresas participantes, que en su mayoría funcionan independientemente unas de otras” (2003: 9).

Aunque la asociación anterior parezca extraña, en el ámbito de la filosofía de la ciencia es común. La metáfora se refiere a “todos los procesos en los cuales la yuxtaposición, ya sea de términos o de ejemplos concretos, trae a colación una red de similitudes que ayudan a determinar la manera en que el lenguaje puede representar al mundo real” (Kuhn 1993). Por añadidura, “un modelo metafórico es una manera de estructurar el conocimiento de un dominio objetivo a través del mapeo de los conceptos y relaciones de un dominio existente que es familiar” (Lackoff y Johnson 1980). Este tipo de modelo conceptual es útil cuando los conceptos están en sus etapas iniciales y se quiere codificar el conocimiento que se deriva de ellos.

En el caso particular del concepto del sistema de innovación, la interrelación fluida entre las diferentes instituciones que participan en la generación, difusión y utilización de conocimiento en los países exitosos, hace que se piense inmediatamente que estas instituciones funcionan como un sistema. Sin embargo, aún sabemos poco de la lógica de funcionamiento de las variables que intervienen en el sistema, y si hay relaciones causales que se puedan explicitar.¹

Este concepto aparece en la literatura a finales de la década de 1980² y ha sido bastante útil para reconstruir los marcos institucionales vigentes en diferentes países que han permitido desarrollos tecnológicos distintos. Dicho de otra manera, ha permitido identificar “hechos estilizados” o regularidades que surgen a partir del análisis de diferentes casos.

Lo encontrado en las últimas décadas es que el proceso de generación, difusión y uso de conocimiento no sigue necesariamente un modelo lineal, en el que se pasa de la invención al desarrollo y luego a la innovación. Lo cual implica que la participación de los agentes que intervienen en este proceso no necesariamente sigue esa lógica, es decir, que primero intervengan los científicos mediante las universidades u otras instituciones generadoras de conocimiento, para luego dejar que las instituciones de interfase o las mismas empresas desarrollen un producto o servicio, y finalmente las empresas sean responsables de introducir la innovación a los mercados. Asimismo, los procesos de innovación recientes tampoco responden totalmente al modelo de *science-push*, en el que el avance científico determina las posibilidades de innovación; ni al de

1 En un intento de emular las ciencias naturales, los científicos sociales buscan replicar experimentos naturales que permitan hallar causas y efectos de un determinado fenómeno.

2 El concepto de sistema nacional de innovación aparece por primera vez en los trabajos de Christopher Freeman (1987), quien lo utiliza para explicar el éxito económico obtenido por Japón, y de Bengt-Åke Lundvall (1992), quien describe la interacción virtuosa de proveedores y clientes en el desarrollo de algunas industrias en las que Dinamarca se especializó.

demand-pull, en el que la demanda de la industria indica a las esferas científicas cuáles son sus necesidades de conocimiento científico para poder innovar.

Más bien, la evidencia ha permitido identificar que, independientemente de que el desarrollo de innovaciones responda a las demandas de las industrias o al empuje de la ciencia, este desarrollo responde a procesos de aprendizaje entre los diferentes agentes involucrados. Por ejemplo, Lundvall (1992) señala al denso *network* de interrelaciones que se dan entre proveedores y consumidores como el responsable de la alta tasa de innovación en maquinaria para la industria lechera en Dinamarca.³ Estas interrelaciones, existentes gracias al gran capital social (Lundvall 2002), transmiten el conocimiento y permiten el aprendizaje entre los distintos actores en el proceso de innovación, sin ningún orden en particular, logrando establecer una estrecha relación entre la oferta y la demanda de conocimiento.

Siguiendo el planteamiento de Schumpeter de que la innovación es el motor del crecimiento económico, no es de extrañar que se trate de utilizar el concepto de sistema de innovación como una herramienta que permita derivar recomendaciones de política para aquellos países en desarrollo que quieran alcanzar altas tasas de crecimiento económico. De hecho, los análisis sobre los sistemas de innovación en países en desarrollo han dado lugar, también, a una serie de “hechos estilizados”. Entre algunos de ellos destacan la desarticulación de los sistemas de innovación, las pocas capacidades tecnológicas de las empresas y la desarticulación de las políticas de innovación con el resto de políticas, entre otros (Intarakamnerd y otros 2001).

Sin embargo, el sistema de innovación es un concepto *ex post* creado a partir de hallazgos empíricos en los países desarrollados. Estos hallazgos empíricos muestran regularidad en cuanto a las altas tasas de innovación encontradas en los países desarrollados en los que se han elaborado los estudios, pero también muestran diferencias, lo que ha dado lugar a definir tipologías de sistemas de innovación. Así por ejemplo, el “modelo japonés” se diferencia del “modelo estadounidense” por la habilidad de usar conocimiento desarrollado en otros países, por la rapidez en comercializar tecnologías y por su fortaleza para realizar innovaciones incrementales, pero es débil para realizar investigación básica y producir innovaciones radicales en una estrecha colaboración entre proveedores y consumidores (National Research Council 1999).

Por tanto, Arocena y Sutz (2002) alertan sobre la tentación de otorgar al concepto de sistema de innovación un carácter normativo en el contexto de los países en desarrollo, ya que se descartaría la diversidad que se puede encon-

3 Las exportaciones danesas presentan una marcada especialización en maquinaria para la industria lechera.

trar en los distintos sistemas de innovación y que responden a las particulares características de cada sociedad. De hecho, varios autores reconocen que los sistemas de innovación no son estáticos sino que coevolucionan con la estructura productiva, las instituciones y el nivel de desarrollo (Intarakamnerd y otros 2001; Gu 1999, Cooper 1999) y, por tanto, sería difícil encontrar un modelo ideal que se ajuste a varios países o sociedades.

En todo caso, el sistema de innovación es un concepto útil para identificar y analizar los distintos elementos que conforman el comportamiento tecnológico de las empresas y demás instituciones, y del propio proceso de innovación. Es un concepto que permite ordenar la diversa información proveniente de distintos casos, y ayuda a la elaboración de una teoría que explicaría la diferencia en los resultados económicos de distintos países o sociedades. Sin embargo, la teoría a la que estaría dando paso es de corte pragmático, que pretende reconstruir procesos pero no brindar predicciones (Mjøset 2003).

El aporte de Lundvall y de sus seguidores está moldeando lo que se podría llamar una teoría sobre la “economía del aprendizaje”, en la que la tecnología, las habilidades, las preferencias y las instituciones no se deben considerar como variables exógenas para explicar el desarrollo económico. El éxito de las personas, empresas, regiones y naciones refleja su capacidad para aprender en contextos de constante cambio (Lundvall 1996). Esta visión se contrapone al enfoque neoclásico, según el cual la asignación racional de recursos explica el crecimiento económico, y el conocimiento —o la tecnología— se trata exógenamente. El aprendizaje es más bien tratado sujeto a la reducción de costos de transacción entre los demandantes y oferentes de conocimiento, lo que permite un funcionamiento adecuado de los mercados (Mjøset 2003).

La teoría sobre la economía del aprendizaje rescata el valor de las capacidades para el aprendizaje como eje central de los procesos de desarrollo. Lo que necesita ser comprendido es “cómo y en qué medida individuos, comunidades, empresas y organizaciones se involucran en procesos de aprendizaje e innovación, ya sea por ellos mismos o por su interacción con otros” (Johnson y otros 2003).

2. DIFERENTES ENFOQUES DEL CONCEPTO DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN

Una de las principales ventajas del concepto de sistema de innovación es su gran versatilidad. No solo ha servido para analizar las diferencias o similitudes institucionales entre distintos países y regiones (sistema de innovación nacional y regional), y para explicar las diferencias en sus tasas de crecimiento y de innovación, sino también para analizar por qué se dan estas diferencias entre

distintos campos de conocimiento (sistemas tecnológicos) o sectores industriales (sistemas de innovación sectorial).

2.1. Sistema de innovación nacional

A pesar de que el primer autor en utilizar la expresión ‘sistema nacional de innovación’ fue Lundvall (1992), la idea fue usada por primera vez por Fiedrich List en su libro *El sistema nacional de política económica* (1841). La preocupación de List se centraba en las políticas necesarias para que Alemania, en aquella época un país atrasado comparado con el Reino Unido, acelerase su proceso de industrialización y su crecimiento económico (Freeman 1995).

List analiza una serie de elementos que ahora forman parte del concepto de sistema nacional de innovación, como las instituciones de educación y entrenamiento, los institutos científicos y tecnológicos, el aprendizaje entre proveedores y consumidores, la acumulación de conocimiento, la adaptación de tecnología importada y la promoción de industrias estratégicas, entre otros, además de proponer políticas alrededor del tema del aprendizaje y el uso de nuevas tecnologías (Freeman 1995).

En su versión moderna, el sistema nacional de innovación está definido como las distintas instituciones, empresas y gobierno que conforman el aparato científico y tecnológico, y la manera en que cada uno de estos agentes interactúa para la creación, difusión y utilización del conocimiento. Pero se trata de instituciones en su sentido más amplio; es decir, las normas, prácticas e incentivos que se dan en estos procesos. En tal sentido, se incluyen también los incentivos, las competencias y las fallas de mercado existentes (Patel y Pavitt 1994). De manera más sintética, el concepto de sistema nacional de innovación se refiere “a un [conjunto] complejo de conocimientos, habilidades y experiencias que, en medio de un marco de condicionamientos dinámicos, hacen posible un incremento y diversificación de capacidad e idoneidad técnica y que permiten [...] desempeños económicos y sociales importantes, o bien los frustran” (Vega Centeno 2003: 100).

En tal sentido, el sistema de innovación nacional ha permitido encontrar regularidades o diferencias detrás de las distintas tasas de crecimiento económico y sesgos⁴ de la innovación tecnológica que experimentan los distintos países. Así, este concepto ha permitido comprender mejor la historia de la riqueza de las naciones en el largo plazo, identificando la coherencia de la estructura económica y sus instituciones (Freeman 2002). De hecho, cuando se hace una comparación entre América Latina y el Sudeste Asiático se encuentran marcadas diferencias en sus respectivos sistemas de innovación como se presenta en el cuadro 1.

4 En tanto, la innovación es ahorradora de determinados recursos, como capital o mano de obra.

Cuadro 1
Comparación de los sistemas de innovación del Sudeste Asiático y
América Latina en la década de 1980

Sudeste Asiático	América Latina
• Sistema de educación universitaria en expansión, con alta participación de educación terciaria y gran proporción de graduados en ingeniería. • Importaciones de tecnología combinadas con iniciativas locales de cambio técnico y elevados niveles de investigación y desarrollo (I & D). • I & D industrial se eleva a más de 50% de la I & D total. • Desarrollo de la infraestructura de ciencia y tecnología y buenas interrelaciones con la I & D industrial. • Elevados niveles de inversión y grandes flujos de inversión directa japonesa. • Fuerte inversión en infraestructura de telecomunicaciones. • Fuerte y rápido crecimiento de industrias electrónicas con altas exportaciones y uso extensivo del <i>feedback</i> de los mercados internacionales.	• Sistema de educación en deterioro, con baja proporción de graduados en ingeniería. • Grandes flujos de transferencia de tecnología americana, pero bajos niveles de I & D industrial. • I & D industrial se mantiene en menos de 25% de la I & D total. • Infraestructura de ciencia y tecnología en deterioro y débiles interrelaciones con la industria. • Declinación de la inversión directa extranjera y baja participación en redes tecnológicas internacionales. • Lento desarrollo de la infraestructura en telecomunicaciones. • Débil crecimiento de las industrias electrónicas y poco aprendizaje a través del <i>márketing</i> internacional.

Fuente: Freeman (1995: 13).

El cuadro 1 muestra que el concepto de sistema de innovación no solo se circunscribe a las fronteras de un país, sino que también se puede referir a regiones más amplias, como subcontinentes, o, por el contrario, a zonas dentro de los propios países. De hecho, el desarrollo económico dentro de un mismo país no es uniforme en todas sus regiones. La explicación sería que, a pesar de que todas las zonas dentro de un mismo país pueden compartir políticas públicas comunes, se pueden encontrar incentivos o condiciones diferentes que influyen en los resultados económicos. Por ejemplo, la existencia de capital social en una determinada región favorece el establecimiento de las interrelaciones necesarias para el eficiente funcionamiento del sistema de innovación.

Finalmente, se podría argüir que en una época en la que las tecnologías de la información y telecomunicaciones prácticamente han eliminado las fronteras físicas entre los países, no sería necesario contar con un sistema nacional de innovación. Sin embargo, la experiencia de países como los del Sudeste Asiático ha demostrado que primero es necesario adquirir competencias locales, para

luego incrementar la capacidad de absorción de conocimiento; lo que sugiere la necesidad de políticas nacionales para mejorar la educación superior y el capital humano.

Dentro del enfoque schumpeteriano sobre el cual descansa el concepto del sistema de innovación, se otorga un rol importante a la incertidumbre económica, al conocimiento localizado y a la racionalidad limitada. La incertidumbre está presente en la medida en que no se pueden predecir los resultados de las actividades para generar conocimientos. El conocimiento es localizado en la medida en que no se puede transferir fácilmente, debido a que tiene un componente tácito que solo puede ser transferido mediante una intensa interacción entre agentes. La racionalidad de los agentes es limitada porque no poseen información completa y toman decisiones con esta restricción. Con este alejamiento de los supuestos neoclásicos, la variación en las circunstancias lleva a diferentes sendas de desarrollo y a incrementar la diversidad, antes que a promover la estandarización y la convergencia (Lundvall 1993, citado en Freeman 1995).

Como se verá más adelante, el estudio de los sistemas de innovación en el Perú y en el resto de América Latina es reciente. Sin embargo, hay esfuerzos anteriores por caracterizar la organización y el funcionamiento del sector de ciencia y tecnología de la región. El más importante es quizás el de Ernesto Sábato, quien planteó que hay una serie de interacciones entre la esfera productiva, la infraestructura científico tecnológica y el Estado (triángulo de Sábato), que genera un círculo virtuoso que permite poner a la ciencia y tecnología al servicio del desarrollo económico (Arocena y Sutz 2002).

2.2. Sistema de innovación sectorial

Así como los países o las regiones tienen distintas tasas de crecimiento económico, los sectores económicos también experimentan distintas tasas de innovación o de creación de nuevos productos. Un sistema de innovación sectorial (Malerba 2002) pone énfasis en cómo los distintos agentes llevan a cabo transacciones de mercado y no pecuniarias para la creación, producción y uso de distintos productos. Dichos productos son creados en diferentes sectores económicos que evolucionan de acuerdo con sus propios regímenes y oportunidades tecnológicas y con la relación que mantienen con otros sectores.

Este tipo de enfoque permite analizar en mayor detalle cambios tecnológicos específicos y, por tanto, hace necesario incorporar elementos adicionales a los analizados en el caso de los sistemas nacionales de innovación. Así, un sistema de innovación sectorial, aparte de incluir distintas instituciones y sus sistemas de incentivos, también debe incorporar los productos, las tecnologías básicas, los insumos, los elementos de demanda y las distintas relaciones y complemen-

tariedades entre ellos. Del mismo modo, deberá incluir el conocimiento y los procesos de aprendizaje que se dan en las instituciones, así como los mecanismos e interacciones entre empresas del sector y con empresas de fuera del mismo.

De esta manera, tal enfoque permite analizar los factores existentes detrás de la evolución de las industrias o sectores económicos, así como explicar sus tasas de cambio tecnológico. También permite diseñar políticas teniendo en cuenta la especificidad de los distintos sectores e incluso subsectores manufactureros. Un avance a este respecto se ha logrado con la taxonomía elaborada por Pavitt (1984), en la que se definen las fuentes de innovación, los regímenes de propiedad del conocimiento y la estructura industrial. Así por ejemplo, en sectores como la agricultura y la manufactura tradicional, donde es frecuente hallar empresas pequeñas o medianas, la innovación está dominada por los proveedores y centrada en cambios en los procesos productivos, y por lo tanto el régimen de propiedad del conocimiento se centra en el conocimiento tácito. Mientras que en sectores como la industria farmacéutica, donde las empresas son mayoritariamente grandes, la innovación está basada en avances científicos que provienen de universidades y centros de investigación, pero que se incorporan en el proceso productivo a través de los laboratorios de investigación y desarrollo de la empresa, y donde las patentes juegan un rol fundamental como medio para apropiarse del conocimiento generado.

Como se mencionó antes, el proceso de aprendizaje es el factor principal en un sistema nacional de innovación. Para el caso de los sistemas sectoriales, el análisis de este aprendizaje se debe concentrar en la base de conocimiento que tiene el sector, determinado por los distintos grados de accesibilidad y posibilidades de acumulación del conocimiento (Malerba y Orsenigo 2000), así como por las oportunidades tecnológicas disponibles. De ahí la importancia de que las empresas destinen recursos para acumular capacidades tecnológicas, mediante la conducción de investigación y desarrollo, ya que esto redundará en una mayor capacidad para identificar y adaptar tecnologías externas que les puedan ser útiles. Asimismo, otro grupo de factores importantes es el referido a las tecnologías básicas, los insumos y la demanda. Estos, por un lado, permiten que se puedan identificar las complementariedades tecnológicas entre distintos sectores y patrones de acumulación de competencias; y, por otro lado, los cambios en las condiciones de demanda que influyen en la conducta y en la organización de las empresas.

En el Perú se han hecho estudios parciales en esta dirección. Kuramoto y Torero (2004) hacen una comparación entre algunos elementos de los sistemas de innovación encontrados en el sector minero cuprífero y el agrícola productor de mangos. Asimismo, a pedido del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), se han elaborado una serie de estudios sobre las capacidades científicas y tecnológicas en sectores

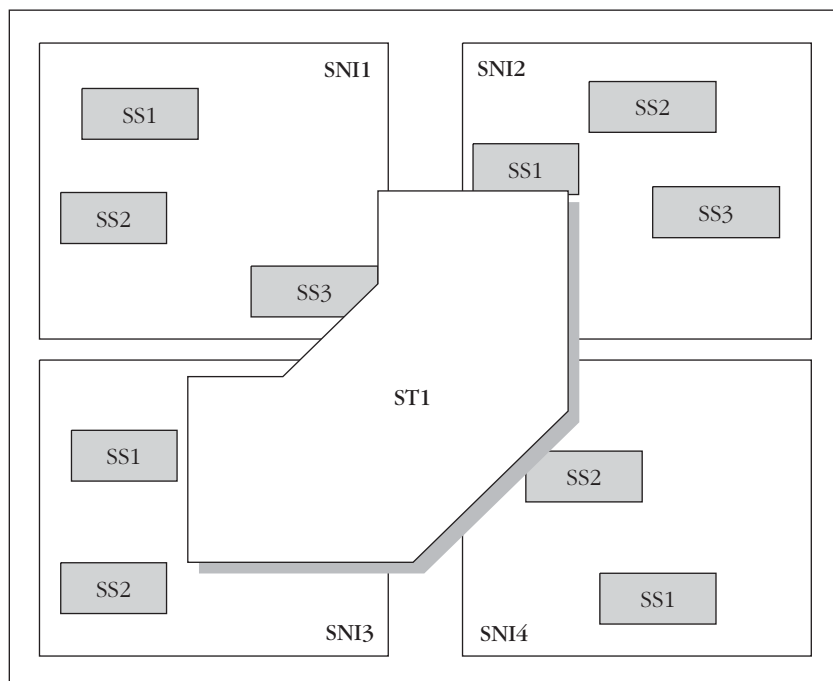
relevantes como agricultura, minería, materiales y recursos hidrobiológicos, entre otros.

2.3. Sistema tecnológico

Como se mencionó en la sección anterior, el comportamiento tecnológico diferenciado entre sectores se debe en parte a la evolución de las tecnologías. Hay tecnologías de carácter genérico, como la biotecnología y las tecnologías de la información, utilizadas en diferentes sectores económicos como la industria alimentaria y la farmacéutica. La evolución y dinámica de tecnologías y de aquellas con las que compiten son el centro de atención para el análisis de los sistemas tecnológicos (Carlsson y otros 2002). Estos sistemas son la red de agentes que interactúan en un área tecnológica determinada, con una infraestructura tecnológica determinada, para generar, difundir y utilizar tecnología (Carlsson y Stankiewicz 1995, citado por Hekkert y otros 2004).

El estudio del sistema tecnológico no implica un análisis aislado de las tecnologías, sino que ayuda a entender la dinámica entre las tecnologías, la evolución de sectores y el sistema nacional de innovación (Hekkert y otros 2004). Una muestra de esto es el dinamismo que han alcanzado las tecnologías de la información, en las que el aumento de la capacidad de procesamiento de los semiconductores prácticamente se duplica cada dieciocho meses (Ley de Moore), y que de ser bienes con alto valor agregado actualmente se han convertido en *commodities*, todo lo cual ha facilitado su uso masivo y ha reconfigurado la organización industrial de varias industrias. En el gráfico 1 se observa que un sistema tecnológico se puede traslapar con varios sistemas de innovación (por ejemplo, en el caso de una industria global como la automotriz) y con varios sistemas de innovación sectoriales, que reflejan la interrelación de sectores que se da en la producción de un determinado bien. Se necesita profundizar los estudios sobre los sistemas tecnológicos para identificar cuál es el rol de algunas tecnologías en los cambios de especialización económica de los países. Esto, por ejemplo, permitiría identificar políticas que hagan posible pasar de economías basadas en recursos naturales a economías del conocimiento.

Gráfico 1
Relaciones entre los diferentes sistemas de innovación



Elaborado sobre la base de Hekkert y otros (2004).

SIN: Sistema Nacional de Innovación

SS: Sistema Sectorial de Innovación

ST: Sistema Tecnológico

Pocos son los estudios que se han elaborado usando este enfoque en América Latina, entre los que se encuentran los estudios sobre la difusión de la soya transgénica en Argentina (Bisang 2003) y sobre los requerimientos institucionales y financieros que posibilitaron la emergencia de la biotecnología en Brasil (Derengowski 2003).

3. AVANCES EN EL ESTUDIO Y LA FORMALIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN

3.1. Medición de los sistemas de innovación

El estudio de los sistemas de innovación se inició con el interés por entender los resultados obtenidos por diferentes países o regiones. Los trabajos de Freeman

(1987) y Nelson (1993) son una muestra del interés por conocer cómo funcionaban los sistemas de innovación en varios países.

Posteriormente se han dedicado más esfuerzos a “medir” o encontrar indicadores cuantitativos que permitiesen caracterizar los sistemas de innovación. A pesar de que la mayoría de las encuestas de innovación se han elaborado para recoger información descriptiva sobre temas específicos referidos al funcionamiento de un sistema de innovación, como el tipo de innovación que se realiza o el régimen de propiedad del conocimiento, ellas también han permitido iniciar análisis comparativos. Así por ejemplo, la Comunidad Europea recoge información mediante la Encuesta Comunitaria de Innovación (CIS, por sus iniciales en inglés), cuyo objetivo es entender los procesos de innovación que se dan en Europa y analizar los efectos que tienen en las respectivas economías de esta región.

Asimismo, se han iniciado esfuerzos por ‘mapear’ los sistemas de innovación mediante indicadores cuantitativos. Godinho y otros (2003) han propuesto un set básico de indicadores mediante los cuales se puede tener una representación gráfica del sistema de innovación, pudiendo así comparar su evolución en el tiempo o cotejarlo con otros sistemas. Este set de indicadores incluye ocho dimensiones de análisis, como la oferta de recursos, los actores y sus conductas, las interrelaciones, la diversidad institucional y su desarrollo, la comunicación externa de los actores, la estructura económica, la innovación y la difusión (Godinho y otros 2003). Del mismo modo, la Comunidad Europea ha elaborado un set de diecisiete indicadores (European Innovation Scoreboard), que se ha convertido en una herramienta de *benchmarking* que ilustra las fortalezas y debilidades de los sistemas de innovación de la región europea en relación con los estados individuales y con otros países como Estados Unidos y Japón.

En el Perú, la recolección de indicadores mediante encuestas de innovación se inició en el 2002, cuando se aplicó la primera Encuesta de Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación. A diferencia de esfuerzos anteriores de recolección de datos, como el de Arregui y Torero (1991), esta encuesta incluye por primera vez información de empresas, con lo que fue posible identificar algunas relaciones interesantes, como una correlación positiva entre el resultado de las empresas y sus inversiones en mejoras en el diseño de sus productos, así como una relación positiva entre la productividad por trabajador y los gastos de investigación y desarrollo que efectúan las empresas (Kuramoto y Torero 2004). En la actualidad se está procediendo a procesar la segunda encuesta de innovación, lo que permitirá hacer una comparación en el tiempo acerca del comportamiento de las empresas.

3.2. Funciones de los sistemas de innovación

Pero quizás una de las líneas de desarrollo más interesantes es la relacionada con el estudio de las funciones de estos sistemas. Si bien la definición de los sistemas de innovación siempre mencionó la generación, difusión y utilización de conocimiento, es recientemente cuando se produce un interés por definir claramente cuáles son las funciones que deben cumplir para identificar la contribución de cada componente del sistema y alcanzar el objetivo central del sistema. En tal sentido, es posible diferenciar las funciones que contribuyen a conseguir resultados cognitivos (nuevo o mejor conocimiento) de aquellas que contribuyen a conseguir resultados sociales (nueva o mejor organización). Por otro lado, las funciones también se pueden clasificar de acuerdo con los actores involucrados en ellas, ya sea actores directamente vinculados con el aspecto tecnológico o aquellos vinculados con procesos sociales (Hekkert y otros 2004).

Galli y Teubal (1997, citados en Hekkert y otros 2004), establecen que es necesario identificar las funciones que cumplen las organizaciones que forman parte del sistema de innovación, ya que es cada vez más común que tengan múltiples funciones. Ellos diferencian entre las funciones “duras” y las “suaves”. Las funciones duras, como ejecutar labores de investigación y desarrollo, requieren de organizaciones duras con sólidas competencias científicas y técnicas, mientras que las funciones suaves requieren de organizaciones suaves e involucran roles de catalización e intermediación.

Por su parte, Mullin (2003) establece que hay ciertas funciones que son exclusivas del gobierno, entre las cuales se encuentran diseñar y ejecutar políticas, asignar recursos y la de regulación. Por otro lado, hay una serie de funciones que son compartidas con otras organizaciones, como el financiamiento y la ejecución de actividades relacionadas con la innovación, la investigación y formación de recursos humanos, y la creación de vinculaciones y flujos de conocimiento.

Si bien el número de funciones puede ser sumamente extenso, Johnson (2000) ha propuesto cinco principales: a) la creación de nuevo conocimiento; b) la guía del proceso de investigación; c) el aprovisionamiento de recursos; d) la facilitación de la creación de economías externas positivas en la forma de intercambio de información, conocimiento y visiones; y e) la facilitación de la formación de mercados.

Hekkert y otros (2004) van más allá de la identificación de funciones. Ellos tratan de generar una taxonomía de las funciones, utilizando como criterios la ubicación del proceso de aprendizaje y el contenido del proceso (ver el cuadro 2). Esto permite identificar la asignación de funciones relacionadas con el aprendizaje entre los distintos actores del sistema. Pero su intención va más allá de la taxonomía: el propósito es acercarse a una manera de evaluar el resultado del sistema de innovación. Lamentablemente, se encuentran con el problema

de no poder definir la causalidad y terminan con una elaboración general sobre creación y utilización de conocimiento.

Cuadro 2
Una tipología de las funciones de los sistemas de innovación

Contenido de los procesos de aprendizaje			
Ubicación de los procesos de aprendizaje		Actividades dirigidas a resultados cognitivos (nuevo/mejor conocimiento).	Actividades dirigidas a resultados sociales (nuevo/mejor organización).
	Actores tecnológicos	Creación de conocimiento.	Oferta de recursos para la innovación.
	Actores de procesos sociales	Información y conocimiento. Articulación de demanda.	Priorización de recursos públicos y privados. Desarrollo de coaliciones para promover procesos de cambio. Regulación y formación de mercados.

Fuente: Ekkert y otros (2004).

En el Perú, el trabajo de Mullin (2003) ha sido el primero en identificar y evaluar las funciones del sistema de innovación nacional. Destacan, entre los resultados, una descoordinación de las políticas sectoriales con aquellas relacionadas con la promoción de ciencia, tecnología e innovación, lo que contribuye, entre otras cosas, a no promover la regulación y formación de mercados. Asimismo, hay una limitada asignación de recursos para investigación, desarrollo e innovación, tanto por el sector estatal como por el privado. Finalmente, la poca interacción entre los distintos agentes que forman el sistema hace que sea muy difícil transmitirse y difundirse el conocimiento, al mismo tiempo que lo hace muy ineficiente ya que se duplican esfuerzos (Mullin 2003).

3.3. Sistemas de innovación y aprendizaje

Desde la introducción del concepto de sistema de innovación, Lundvall sugirió que el eje central era el proceso de aprendizaje. Pero poco es lo que sabe acerca

de cómo se dan los procesos de aprendizaje, y estimularlos no solo involucra asignar más recursos a educación e investigación, sino también formular y reformular instituciones para apoyar un aprendizaje interactivo en la sociedad en su conjunto (Johnson y otros 2003).

En el marco de los sistemas de innovación y de países en procesos de industrialización, Viotti propone que el aprendizaje “es el proceso de cambio tecnológico adquirido a través de la difusión (en la perspectiva de la absorción de tecnología) y de la innovación incremental. En otras palabras, el aprendizaje es la absorción de técnicas existentes [...] Por lo contrario, la innovación es el proceso de cambio técnico logrado por la producción de un nuevo producto, proceso, sistema u organización” (Viotti 1997: 4).

Considerando que las empresas son las principales responsables del proceso de innovación, es importante poner atención a las capacidades tecnológicas (de producción, de mejoramiento y de innovación) que ellas poseen. Viotti (1997) propone que se pueden plantear estrategias de aprendizaje activas cuando las empresas poseen esos tres tipos de capacidades tecnológicas; de lo contrario, si solo poseen capacidades tecnológicas de producción, únicamente se pueden plantear estrategias pasivas.

Por otro lado, la importancia de los procesos de aprendizaje en el marco de los sistemas de innovación dirige la atención a la interacción que debe existir entre los actores u organizaciones que forman parte de ellos. Lundvall (1988) resalta el valor de las interacciones entre proveedores y usuarios, debido a que en estas se transmite conocimiento importante que permite reducir los costos de transacción que dificultarían el proceso de innovación. Así, los proveedores aprenden sobre las necesidades concretas de los usuarios, mientras que estos últimos aprenden sobre las ventajas de los nuevos productos y procesos que se lanzan al mercado.

Sin embargo, estas interacciones también cumplen un rol importante para transmitir el componente tácito del conocimiento que está detrás de toda innovación. En el proceso de adopción de nuevo conocimiento, lo tácito puede tener una influencia decisiva para modificar las tasas con las que una innovación es aceptada dentro de un mercado determinado, y por tanto para influir en la tasa de cambio técnico de una economía.

Los avances conceptuales de este enfoque están siendo apoyados por la definición de indicadores sobre aprendizaje y de interrelaciones entre los agentes que forman los sistemas de innovación locales, ya que el conocimiento tácito se da en lugares específicos que favorezcan su transmisión. Un esfuerzo interesante es el de la Red de Investigación sobre Sistemas Locales de Producción e Innovación (RedeSist) en Brasil (La Chroix y otros 2003, Tatsch y otros 2003), sobre la base de una serie de encuestas realizadas en distintos “arreglos productivos locales” (*local productive arrangements*), es decir, “arreglos productivos en los

que se encuentra una relación de interdependencia consistente, se establece una articulación y alianzas entre agentes que resultan en interacción, cooperación y aprendizaje con potencial para incrementar la capacidad endógena de innovación, la competitividad y el desarrollo local” (Tatsch y otros 2003).

Asimismo, esta relevancia que cobran las interrelaciones entre agentes está sentando las bases para el estudio de lo que se está dando a conocer como el “capital social basado en conocimiento” (Casas 2003). Para la autora, la colaboración entre la academia, empresas y gobierno puede ser conceptualizada como un *network* de conocimiento, dado que involucra la generación y transferencia de conocimiento científico y tecnológico, aprendizaje interactivo, generación de confianza y creación de espacios de conocimiento locales y/o regionales.

En América Latina se han hecho pocos estudios sobre el tema del aprendizaje tecnológico. Al trabajo de Casas se pueden añadir los de Bernardes (2003) y Viotti (2000) sobre sistemas pasivos y activos de aprendizaje.

3.4. Sistemas de innovación y desarrollo económico

Un área de estudio que está llamando la atención de diversos autores es la relación de los sistemas de innovación con los procesos de desarrollo económico. Si bien el interés surge a partir de la posibilidad de derivar recomendaciones de política para emular los sistemas de innovación exitosos de los países industrializados, los avances recientes se están dando al incorporar el marco de los sistemas de innovación para analizar temas relacionados con el desarrollo económico.

Este foco de análisis se debe a que el estudio del desarrollo económico ha dejado de estar centrado en el cambio estructural de las economías, para incorporar el enfoque de capacidades de Sen, y resaltar la importancia del conocimiento y de las instituciones dentro de los procesos de desarrollo (Johnson y otros 2003). Si el conocimiento se convierte en el eje central del desarrollo económico, teniendo como resultado la diferenciación de países ya no por su grado de industrialización sino por su incorporación a la economía del conocimiento, entonces las capacidades relevantes son aquellas que permiten adquirir este conocimiento. En tal sentido, las capacidades para aprender se vuelven cruciales.⁵

Otros temas que están llamando la atención de los autores son el conflicto y la equidad (Arocena y Sutz 2003). En la mayoría de los estudios se da por sentado que los procesos de aprendizaje y de innovación tecnológica son positivos en sí mismos. Sin embargo, esto no necesariamente es cierto para todos los

5 Los avances en esta área han sido presentados en la sección anterior.

actores de un sistema de innovación. Especialmente en países en desarrollo, la economía política tiene un peso sumamente fuerte. Más aún: el poder circula a través de redes establecidas y genera incentivos mediante los cuales se definen ciertas prácticas. No es de extrañar, entonces, que la ineffectividad de los sistemas de innovación en países en desarrollo responda a conflictos presentes y pasados. De hecho, Mullin (2003) sugiere que en estos sistemas de innovación hay incentivos que se anulan entre sí e impiden la generación y transmisión de conocimiento fluidos.

Respecto a la equidad, no hay duda de que el progreso tecnológico —y para tal caso el crecimiento económico— genera ganadores y perdedores. Lo importante es cómo generar un crecimiento económico inclusivo que genere más ganadores. Algunos autores, como Reinert y Reinert (2003), sugieren que el modelo económico propugnado por el Consenso de Washington ha generado una desindustrialización en algunos países, al promover una especialización en actividades en las cuales el espacio para la innovación es mínimo. De hecho, Cimoli y Katz (2003) reportan la reprimarización de las economías de América Latina, ocurrida cuando la liberalización de mercados produce los incentivos económicos para una especialización en actividades que destruyen las capacidades locales y que no pueden ser compensadas por la transferencia de tecnología canalizada a través de las empresas multinacionales. La alta intensidad de capital en estas industrias y sus magros resultados en la generación de empleo ocasionan una alta concentración de renta, y que no se logre una distribución más equitativa del ingreso.

Por su parte, Arocena y Sutz (2003) distinguen dos estrategias asociadas a la innovación para combatir la inequidad en países en desarrollo. Por un lado, la estrategia proactiva involucra la generación de capacidades de innovación a todo nivel, y es claramente identificable en países como los escandinavos o como Corea. Por otro lado, la estrategia reactiva está basada en distribuir los beneficios ganados por industrias sustentadas en ventajas comparativas (estáticas). Lo que está detrás de esta formulación es que adoptar una estrategia pasiva no hace sino distribuir los beneficios entre los agentes mejor preparados para captarlos.

Este enfoque involucra la acción de la sociedad civil en su conjunto y no solo la de los actores relacionados con actividades de ciencia, tecnología e innovación. Lo que se propone es que se debe promover una cultura de la innovación que permita la participación de la sociedad en general para determinar las necesidades que deben ser satisfechas mediante el conocimiento, y no simplemente ser receptores del conocimiento transferido por otros. En este sentido, a los sistemas de innovación no solo se los dotaría con atributos de eficiencia sino también de la evaluación de la pertinencia de la generación, transmisión y utilización de determinado tipo de conocimiento.

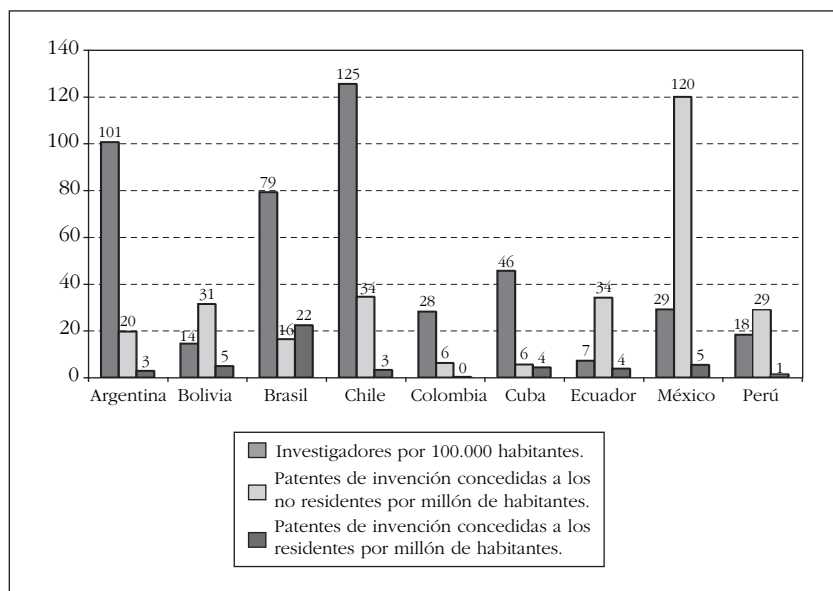
En el Perú se han iniciado procesos tendientes a promover una cultura de valoración de la ciencia, tecnología e innovación que se están viendo reflejados

en la elaboración consensuada de los planes nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación, y de Competitividad. En estos dos planes, la participación de la sociedad civil no está restringida a la formulación sino también al monitoreo de los mismos, mediante la revisión regular de los avances por parte de consejos consultivos formados por expertos, empresarios, funcionarios públicos y representantes de la sociedad civil interesados en estos temas.

4. EL SISTEMA DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL PERÚ

El tema de la innovación tecnológica —y en general los de ciencia, tecnología e innovación— ha sido poco tratado en el Perú. Un claro reflejo de ello es la escasez de bibliografía al respecto, así como los indicadores nada alentadores que presenta el país. Los gráficos 2 y 3 presentan un resumen de algunos de estos indicadores. A pesar de que el Perú se cataloga como un país de mediano ingreso, el porcentaje de los gastos de investigación y desarrollo sobre el producto bruto interno (PBI) solo llega a 0,11%, cuando el promedio de la región es de 0,6% (CONCYTEC 2002). No es de extrañar que indicadores de resultados

Gráfico 2
Investigadores y patentes para el Perú y América Latina (2004)

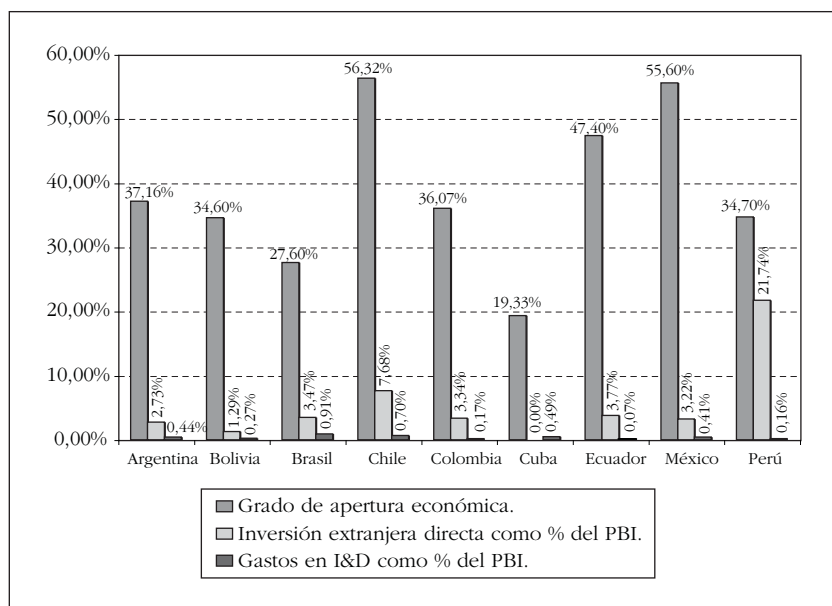


Fuente: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana.

Elaboración propia.

Los datos tomados para Bolivia son del 2001. El número de investigadores por cada 100.000 habitantes para México es del año 1995.

Gráfico 3
Apertura económica, IDE e inversión en I&D para el Perú y América Latina (2004)



Fuente: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología-Iberoamericana, ALADI y Proinversión.

Elaboración propia.

Nota: para Colombia, los datos en I&D como % del PBI son del año 2001; para Ecuador, del 2003. Para Cuba, no hay datos sobre inversión extranjera directa.

como las patentes otorgadas a residentes por millón de habitantes en el 2002 lleguen solo a 0,82, mientras que para Chile el valor es 3,97 y para Brasil 21,1 (CONCYTEC 2002). Más aún: si se pretende evaluar la relevancia del conocimiento generado por los inventores peruanos, se verá que desde 1970 solo hay 16 patentes registradas por peruanos en la Oficina de Patentes de Estados Unidos, mientras que Chile y Brasil poseen 86 y 1.088, respectivamente (USPTO 2006).

En términos de su estructura productiva, la economía peruana está especializada en actividades primarias y en servicios de bajo valor agregado. Esto se puede ver en su estructura de exportaciones para el año 2005: los productos tradicionales⁶ representaron 75% del total de las exportaciones, y los no tradicionales⁷ el 25% (BCR 2006). A pesar de la especialización en actividades primarias, la economía peruana ha logrado mantener tasas de crecimiento positivas en sus exportacio-

⁶ Productos minerales, agrícolas, pesqueros y petroleros.

⁷ Productos con algún grado de transformación industrial. Los principales son los agroindustriales, pesqueros, textiles, manufacturas de maderas y papeles, químicos, minerales no metálicos, siderometalúrgicos, joyería, y metalmecánicos, entre otros.

nes (35% para el periodo 2004-2005), debido al gran dinamismo del mercado internacional de materias primas, que responde a las demandas crecientes de la economía china.

Sin embargo, este dinamismo comercial no se ha visto reflejado en una mejora de los niveles de empleo, debido a que los sectores más dinámicos de la economía son sectores muy intensivos en capital, como el sector minero, el petrolero y el pesquero. Empero, la expansión de la agricultura para la exportación ha generado una expansión de la demanda laboral en regiones como Ica (16,5% de incremento para el periodo 2004-2005), Chíncha (15,5%), Iquitos (9,1%), Piura (8,5%), Tarapoto (7,3%) y Cusco (6,4%) (BCR 2006).

La estructura productiva descrita da cuenta de una economía en la cual la competitividad está basada principalmente en la abundancia de recursos naturales. Los requerimientos tecnológicos son mayormente básicos, sin altos niveles de sofisticación y satisfechos principalmente por agentes externos. Todo esto hace que haya poca demanda de soluciones tecnológicas domésticas; de ahí el poco interés por los temas referidos a ciencia, tecnología e innovación, que se refleja en los indicadores presentados líneas antes.

A continuación se resumirán algunos hallazgos más importantes sobre los sistemas de innovación en el Perú.

El primer estudio que utilizó este concepto en el Perú fue el realizado por Mullin (2003) como parte de los estudios elaborados para solicitar un préstamo para ciencia y tecnología al Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Los hallazgos de Mullin no son sorprendentes (ver el cuadro 3). Encuentra que el problema más significativo del sistema de innovación peruano es la escasez de interrelaciones entre los actores que lo conforman, lo que impide la transmisión fluida de conocimiento a través de la economía. Utilizando un enfoque de funciones del sistema de innovación, Mullin halla que en general el gobierno peruano no ha podido diseñar políticas adecuadas y coherentes para promover la innovación en el país, sino que, todo lo contrario, no hay instrumentos de política suficientes y existe una total descoordinación con las políticas sectoriales, lo cual se debe en parte a una anticuada concepción de planificación del desarrollo. La falta de integración es lo más saltante en la función de asignación de recursos para ciencia, tecnología e innovación. Del mismo modo, en las funciones de regulación no hay una visión de conjunto ni un sistema integrado de normas y estándares; más bien hay diversos regímenes regulatorios que se superponen unos a otros.

Por el lado de las funciones compartidas de financiamiento de las actividades de innovación, Mullin encuentra que hay pocas fuentes de financiamiento para actividades relacionadas con la ciencia y tecnología, y ninguna para actividades de innovación. Por su parte, la capacidad de los institutos de investigación tecnológica y de las universidades se ha visto seriamente deteriorada y no existe

Cuadro 3
Hallazgos sobre el sistema de innovación peruano

Elaborado sobre la base de Mullin (2003).

Funciones	Gobierno	Empresas	Universidades
Definición de políticas	Existen políticas sectoriales sin integración. Existen pocos instrumentos de política. Énfasis de concebir los planes de CyT es anticuado.		
	No hay esfuerzo concertado para diseñar un sistema integrado de normas y estándares. Varios ministerios e instituciones tienen un papel en el desarrollo de normas pero no hay infraestructura para aplicarlas.		
Regulación			
Financiamiento	Inversión en CT&I es muy baja. La inversión se discute sectorialmente, sin visión integradora. No hay visión integrada sobre el uso de los recursos de cooperación técnica. No hay fuentes de financiamiento para innovación.	La I&D en la empresa es muy baja. Muy pocas fuentes de financiamiento para innovación.	



Funciones	Gobierno	Empresas	Universidades
Ejecución	Se ha destruido la capacidad de los institutos tecnológicos públicos.	Pocas empresas conciben la innovación como actividad independiente de la inversión.	Pocos recursos para la investigación.
	Casi ningún instituto cree que debe cobrar por sus servicios.	Poca comprensión sobre la necesidad de fondos para innovación.	Casi no hay "universidades de investigación".
	Ningún instituto usa indicadores de desempeño.	No se percibe el rol del gobierno como promotor de la innovación.	Faltan políticas institucionales que incentiven la publicación de resultados.
	Escasa capacidad de innovar e introducir tecnologías en el mercado.	La difusión de tecnologías es lo más importante para las MIPYME (micro, pequeña y mediana empresas).	Hay preocupación por aumentar la investigación dirigida a solucionar problemas de interés nacional.
Servicios técnicos e infraestructura	Poca inversión en laboratorios acreditados en normas técnicas, metrología y calibración.	Poca actividad en la protección de derechos de propiedad intelectual.	Poca actividad en la protección de derechos de propiedad intelectual.
Formación de recursos humanos y fortalecimiento de capacidades	Escaso personal científico y de gestión en innovación.	Poca inversión en capacitación.	Entrenamiento limitado de los graduados en la solución de problemas.

Elaborado sobre la base de Mullin (2003).

un set de indicadores de desempeño con el que se pueda evaluar su funcionamiento. Por el lado de las empresas, muy pocas comprenden el significado de la innovación y no la conciben como una actividad separada de los proyectos de inversión. Finalmente, por el lado de la formación de recursos humanos, se tiene la percepción de que los graduados universitarios poseen una buena formación, pero que su entrenamiento en la solución de problemas prácticos es limitado. Asimismo, no hay una política ni incentivos para la formación de investigadores. Hay limitados programas de posgrado y no existen mecanismos para evaluar su calidad (Mullin 2003).

Vega Centeno (2003), desde un enfoque que vincula el desarrollo económico con el sistema de innovación, hace un análisis de la industria manufacturera peruana. Encuentra que la industria peruana tiene una débil integración interna; que está especializada en actividades intensivas en recursos naturales y que implican poca transformación y el uso de tecnologías ya bastante conocidas; y, al mismo tiempo, que hay una marcada ausencia de actividades complejas. En términos del desempeño del sector manufacturero, el crecimiento del producto industrial ha sido volátil y ha respondido más bien a factores exógenos. La búsqueda de productividad ha estado ausente del desempeño empresarial. El crecimiento de la fuerza laboral, principalmente absorbido por el sector de independientes, muestra que el sector manufacturero no ha sido exitoso en generar los puestos necesarios para absorber la creciente demanda de trabajo. Las exportaciones crecientes son sobre todo de productos basados en recursos naturales y sin mucha transformación. Finalmente, en cuanto a procesos de aprendizaje, estos no son frecuentes en el sector; sin embargo, hay algunos casos puntuales en la industria textil, así como en la de pinturas, que permiten avizorar el impacto de políticas que podrían promover el aprendizaje y con ello generar cambios sustanciales en subsectores relacionados.

Ambos estudios, el de Mullin y el de Vega Centeno, presentan visiones no muy positivas del sistema de innovación peruano, pero también dejan entrever que hay espacio para diseñar y ejecutar políticas que permitan romper la inercia y la pasividad de nuestro sistema de innovación, y con ello dar un impulso a nuestra economía.

Kuramoto y Torero (2004) hacen una comparación entre algunos elementos de los sistemas de innovación encontrados en el sector minero cuprífero y el sector agrícola productor de mangos. Este estudio combina el enfoque sectorial con el del sistema tecnológico, debido a que centra su atención en tecnologías particulares. Para el caso del sector minero cuprífero, se analizan los elementos del sistema de innovación minero que permitieron el avance y posterior estancamiento de la hidrometalurgia como una alternativa tecnológica para la producción de cobre. Los autores encuentran dos momentos claramente identificables, que definieron el funcionamiento del sistema de innovación minero.

El primero se ubica en las décadas de 1970 y 1990, cuando hubo un marcado predominio estatal en la minería nacional y se dio empuje a los esfuerzos tecnológicos nacionales, lo que dio como resultado el desarrollo del proyecto Cerro Verde, que utilizó tecnología desarrollada con un alto componente nacional. En este periodo algunos agentes del sistema de innovación tenían una relación muy fluida, lo cual permitió que el conocimiento se pudiese transmitir al sector productivo. El segundo periodo abarca desde la década de 1990 y dura hasta ahora. Los cambios legislativos que liberalizaron los mercados y crearon un ambiente más favorable a la inversión privada y extranjera trajeron consigo un aumento de las inversiones, pero también una desarticulación de los agentes del sistema de innovación. Las empresas extranjeras mantienen sus articulaciones productivas con sus proveedores en el extranjero y han estimulado poco la articulación con los agentes peruanos, lo que ha disminuido el dinamismo de este sistema sectorial de innovación.

En el caso del sector agrícola de producción de mangos, los autores analizan los esfuerzos para transferir la tecnología para controlar la mosca de la fruta. Se evidencia que hay poca articulación entre los actores productivos involucrados en la cadena del mango y los actores que promueven la investigación en el control de la mosca de la fruta (Servicio Nacional de Sanidad Agraria-SENASA). El vínculo más importante para el control de la mosca de la fruta se da con el Servicio de Inspección de Plantas, Animales y Salud del Departamento de Agricultura Americano, que cuenta con plantas de tratamiento de agua caliente para matar las larvas y huevos de la mosca antes de que los mangos sean exportados. La transferencia tecnológica entre los agricultores y las entidades gubernamentales se da a nivel de proyectos piloto, más bien en prácticas de manejo agrícola y de riego (Kuramoto y Torero 2004).

En el campo de los estudios de sistemas tecnológicos, Moreno y Verástegui (2003) analizan la actividad biotecnológica en el Perú. Los autores ponen énfasis en el marco institucional de esta industria (financiamiento, políticas e incentivos, y sistemas regulatorios), así como en la situación de la investigación y su vínculo con la industria. Ellos encuentran un escaso financiamiento estatal para programas de investigación y promoción de las diversas actividades en biotecnología, y, asimismo, que las políticas e incentivos a la actividad empresarial son de corte horizontal y favorecen a la inversión extranjera, pero que no promueven emprendimientos pequeños altamente especializados como es el caso de los basados en biotecnología. Por otro lado, el sistema regulatorio es bastante engorroso. El país ha firmado convenios internacionales de bioseguridad, pero hay varios organismos estatales que tienen competencias respecto a este tema, lo cual complica cualquier trámite que el sector privado deba realizar. Por el lado de la investigación, hay poca relación entre los grupos que investigan temas relacionados con la biotecnología, por lo que la difusión del conocimiento

se hace muy difícil. Además, estos grupos tienen poca relación con el sector productivo y con el público en general, por lo que hay poca difusión sobre este tema en el país.

A pesar de que no se ha construido un set de indicadores que permita mapear el sistema de innovación nacional, no se puede dejar de mencionar el esfuerzo del CONCYTEC por realizar las encuestas de innovación nacional. Se han aplicado dos encuestas, las correspondientes a los años 2000 y 2005, que recogen información sobre la innovación en las empresas y otras entidades. El CONCYTEC ha dado a conocer los resultados de la primera en una publicación que combina estos resultados con indicadores generales provenientes de su propio levantamiento de datos y de instituciones internacionales como RICYT, para poder hacer comparaciones internacionales. Es de esperar que con las necesidades de evaluación del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación se prepare un conjunto de indicadores que permita mapear el sistema de innovación y establecer comparaciones con otros sistemas en la región.

5. COMENTARIOS FINALES

El concepto de sistema de innovación está en pleno desarrollo y se presenta como un instrumento sumamente útil para entender el desenvolvimiento de las economías, especialmente en un contexto en el cual el conocimiento es el motor central de crecimiento económico.

En un país pequeño como el Perú, en el que nunca se ha puesto mayor énfasis en los aspectos ligados a la ciencia, la tecnología y la innovación, el concepto de sistema de innovación puede ser de gran ayuda para definir políticas de promoción de conocimiento. De hecho, los recientes planes nacionales de Competitividad y de Ciencia, Tecnología e Innovación han basado su formulación en este concepto, lo cual ha servido para identificar las políticas a diseñar y los actores que serán sujeto de las intervenciones definidas por las primeras. El impacto de estos planes deberá ser medido de acuerdo con una serie de indicadores de impacto, que bien podrían nutrirse o basarse en los avances metodológicos sobre mapeo de sistemas de innovación y sobre sus funciones.

Si bien es importante dar un marco global y dotar de instrumentos generales para la promoción de la ciencia, la tecnología y la innovación en el Perú, también es importante mencionar que se han diseñado varios programas con énfasis en temas sectoriales, cadenas y aglomeraciones productivas. Así por ejemplo, en el campo de la actividad de agroexportación se ha adoptado una visión de cadenas y todas las políticas están dirigidas a mejorar la eficiencia de los actores que intervienen en ellas. El enfoque de los sistemas sectoriales de innovación puede ayudar a identificar las particularidades de cada industria, que permitan no solo aumentar

la eficiencia sino avanzar en la identificación de posibilidades de generar valor mediante la incorporación de mayor conocimiento a lo largo de toda la cadena o en cada segmento de la aglomeración a tratarse.

El enfoque de cadenas y aglomeraciones da espacio para el análisis transsectorial, lo que sería especialmente útil para analizar determinadas tecnologías particulares. Por ejemplo, el tema de las biotecnologías es de particular importancia, dadas las condiciones naturales de nuestro país en biodiversidad. El manejo genético de los cultivos de exportación debería ser visto como la piedra angular en la que se base la competitividad de este sector, así como el punto de partida para empezar a añadir valor a la megadiversidad con la que contamos. Un tema particular al que hay que darle importancia es el desarrollo de tecnologías genéricas basadas en la biotecnología. Estudios realizados en la empresa privada y en algunas universidades han avanzado en el desarrollo de tecnologías de remediación ambiental, usando bacterias utilizadas en procesos de biominería. Este esfuerzo se debería seguir apoyando, porque se vislumbra como un camino para la diversificación económica en un país tan dependiente del recurso minero.

Finalmente, los esfuerzos del gobierno por impulsar políticas para promover el conocimiento están centrados principalmente en aumentar la competitividad, y eso puede redundar en acrecentar las ventajas de los actores con más capacidades y con posibilidades de captar mayores beneficios económicos. En un país como el Perú, con una gran inequidad, es necesario preocuparse por dotar de capacidades de aprendizaje a segmentos más amplios de la población, mediante una educación de buena calidad. Una alternativa a tomar en cuenta es la recuperación de conocimientos tradicionales. Esto permitiría que poblaciones usualmente marginadas participen en la generación de valor y sean capaces de obtener una retribución por el conocimiento ancestral que aún poseen.

BIBLIOGRAFÍA

- AROCENA, Rodrigo y Judith SUTZ (2003). "Innovation Systems and Development Strategies for the Third Millenium", documento presentando en la Conferencia Internacional sobre Sistemas de Innovación y Estrategias de Desarrollo para el Tercer Milenio. Brasil, noviembre.
- (2002). "Innovation Systems and Development Countries", DRUID Working Paper 02-05. Copenhagen: Danish Research Unit for Industrial Development.
- ARREGUI, Patricia y Máximo TORERO (1991). "Indicadores de ciencia y tecnología en América Latina 1970-1990". Lima: Grupo de Análisis para el Desarrollo.
- BCR-BANCO CENTRAL DE RESERVA (2006). *Memoria anual 2005*. Lima: Banco Central de Reserva del Perú. URL: <http://www.bcrp.gob.pe/bcr/index.php?option=com_content&task=view&id=498>.
- BERNARDES, Roberto (2003). "Passive Innovation System and Local Learning: A Case Study of Embrear in Brazil", documento presentado en la Primera Conferencia Internacional sobre Sistemas de Innovación y Estrategias de Desarrollo para el Tercer Milenio. Brasil, noviembre.
- BISANG, Roberto (2003). "Diffusion Process in Networks: The Case of the Transgenic Soybean in Argentina", documento presentado en la Primera Conferencia Internacional sobre Sistemas de Innovación y Estrategias de Desarrollo para el Tercer Milenio. Brasil, noviembre.
- CARLSSON, Bo; Steffan JACOBSSON, Magnus HOLMÉN y Annika RICKNE (2002). "Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues", *Research Policy*, vol. 31, n.º 2, pp. 233-245.
- CARLSSON, Bo y Rikard STANKIEWICZ (1991). "On the nature, function and composition of technological systems", *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 1, n.º 2, pp. 93-118.
- CASAS, Rosalba (2003). "Networks and Interactive Learning among Academic Institutions, Firms and Government: Knowledge-Based Social Capital for Local Development", documento presentado en la Conferencia Internacional sobre Sistemas de Innovación y Estrategias de Desarrollo para el Tercer Milenio. Brasil, noviembre.
- CIMOLI, Mario y Jorge KATZ (2003). "Structural Reforms, Technological Gaps and Economic Development: a Latin American Perspective", *Industrial and Corporate Change*, vol. 12, n.º 2.

- CONCYTEC-CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (2002). *Perú ante la Sociedad del Conocimiento: Indicadores de Ciencia y Tecnología e Innovación 1960-2002*. Lima: CONCYTEC.
- COOPER, Charles (1999). "National Systems of Innovation: The Institutional Framework for Technological Learning in Developing Countries", ponencia presentada en la Conferencia Creating a New Architecture for Learning and Development, organizada por el Asian Development Bank. Tokyo.
- DERENGOWSKI, Maria da Gracia (2003). "Institutional and Financial Requirements for the Emergence of Biotechnology in Brazil", documento presentado en la Primera Conferencia Internacional sobre Sistemas de Innovación y Estrategias de Desarrollo para el Tercer Milenio, Noviembre 2003, Brasil.
- FREEMAN, Chris (2002). "Continental, National and Sub-national Innovation Systems: Complementarity and Economic Growth", *Research Policy*, vol. 31, n.º 2, pp. 191-211.
- (1995). "The 'National System of Innovation' in Historical Perspective", *Cambridge Journal of Economics*, n.º 19, pp. 5-24.
- (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lesson from Japan*, Londres: Pinter Publishers.
- GALLI, Riccardo y Morris TEUBAL (1997). "Paradigmatic Shifts in National Innovation Systems", en C. Edquist (ed.), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. Londres: Pinter Publishers, pp. 41-63.
- GODINHO, Manuel Mira; Sandro MENDONÇA y Tiago SANTOS PEREIRA (2003). "Mapping Innovation Systems: a Framework Based on Innovation Data and Indicators", documento presentado en la Conferencia Internacional sobre Sistemas de Innovación y Estrategias de Desarrollo para el Tercer Milenio. Brasil, noviembre.
- GU, Shulin (1999). "Implications of National Innovation Systems for Developing Countries: Managing Change and Complexity in Economic Development", Discussion Paper Series n.º 9903, United Nations University, Institute for New Technologies, Maastricht.
- HEKKERT, Marko; R. SUURS, H. VAN LENTE y S. KUHLMANN (2004). "Functions of Innovation Systems: A new approach for analyzing socio-technical transformation", documento presentado en el Taller Internacional sobre Funciones de Sistemas de Innovación, Utrecht, Junio.
- INTARAKUMNERD, Patarapong; Pun-arj CHAIRATANA y Tipawan TANGCHITPIBOON (2001). "National Innovation System in Less Successful Developing Countries: The Case Study of Thailand", *Research Policy*, Vol 8-9, 1445-1457.

- JOHNSON, Anna (2001). "Functions in Innovation System Approaches". Documento presentado a la Conferencia Nelson-Winter. Aalborg: Danish Research Unit for Industrial Dynamics (DRUID).
- JOHNSON, Björn; Charles EDQUIST y Bengt-Åke LUNDVALL (2003). "Economic Development and the National System of Innovation Approach", documento presentado en la Conferencia Internacional sobre Sistemas de Innovación y Estrategias de Desarrollo para el Tercer Milenio. Brasil, noviembre.
- KUHN, Thomas (1993). "Metaphor in Science", en A. Orthony (ed.), *Metaphor and Thought*, segunda edición. Cambridge: Cambridge University Press.
- KURAMOTO, Juana y Máximo TORERO (2004). *La participación pública y privada en la investigación, desarrollo e innovación tecnológica en el Perú*. Lima: Grupo de Análisis para el Desarrollo.
- LA CHROIX, Luisa; Jorge BRITTO, Márcia RAPINE y Antony SANTIAGO (2003). "Measurement and Differentiation of Knowledge and Information Flows in Brazilian Local Productive Arrangements", documento presentado en la Conferencia Internacional sobre Sistemas de Innovación y Estrategias de Desarrollo para el Tercer Milenio. Brasil, noviembre.
- LAKOFF, George y Mark JOHNSON (1980). *Metaphors we live by*. Chicago: The University of Chicago Press.
- LUNDVALL, Bengt-Åke (2002) "National System of production, innovation and competence building", *Research Policy* n.º 31, pp. 213-231.
- (1996). "The Social Dimension of the Learning Economy", DRUID Working Paper 96-1. Copenhagen: Danish Research Unit for Industrial Research.
- (1993). "User-Producer Relationships, National Systems of Innovation and Internationalization", en D. Foray y C. Freeman (eds.), *Technology and the Wealth of Nations*. Londres: Pinter Publishers.
- (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Londres: Pinter.
- (1988). "Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation" en G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg y L. Soete (eds.), *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter Publishers Ltd., pp 349-369.
- MALERBA, Franco (2002). "Sectoral Systems of Innovation and Production", *Research Policy*, vol. 31, n.º 2, pp. 247-264.

- MALERBA, Franco y Luigi Orsenigo (2000). "Knowledge, Innovative Activities and Industry Evolution", *Industrial and Corporate Change*, n.º 9, pp. 289-314.
- MJØSET, Lars (2003). "Notions of theory in the study of innovation systems", documento presentando en la Conferencia Internacional sobre Sistemas de Innovación y Estrategias de Desarrollo para el Tercer Milenio. Brasil, noviembre 2003.
- MORENO, Patricia y Javier VERÁSTEGUI (2003) "Perú", en J. Verástegui (ed.), *La biotecnología en América Latina: panorama al año 2002*. Ottawa: Cambiotec, Iniciativa Canadiense-Latinoamericana en Biotecnología para el Desarrollo Sostenible, pp. 200-214.
- MULLIN CONSULTING LTDA. Y ASOCIADOS (2003). "Un análisis del sistema peruano de innovación", Lima.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1999). *New strategies for new challenges: corporate innovation in the United States and Japan*. Washington DC: The National Academy Press. URL: <http://darwin.nap.edu/openbook.php?record_id=5823&page=R1>.
- NELSON, Richard (1993). *National Innovation Systems: Comparative Analysis*. Nueva York y Oxford: Oxford University Press.
- PATEL, Parimal y Keith PAVITT (1994). "The nature and economic importance of National Innovations Systems", *STI Review*, vol. 14, pp. 9-32.
- PAVITT, Keith (1984). "Pectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory", *Research Policy*, n.º 13, pp. 343-373.
- REINERT, Erik y Sophus REINERT (2003). "Innovation Systems of the Past: Modern nation-states in a historical perspective. The role of innovations and of systemic effects in economic thought and policy", documento presentado en la Conferencia Internacional sobre Sistemas de Innovación y Estrategias de Desenvolvimiento para el Tercer Milenio. Brasil, noviembre.
- TATSCH, Ana Lúcia; Rodolfo TORRES; Sergio ALMEIDA y Jose Eduardo CASSIOLATO (2003). "Learning and Cooperation at Local Level: Conceptual Aspects and Indicators of RedeSist", documento presentado en la Conferencia Internacional sobre Sistemas de Innovación y Estrategias de Desarrollo para el Tercer Milenio. Brasil, noviembre.
- USPTO (2006). "USPTO Patent Full-Text and Image Database". URL: <<http://patft1.uspto.gov/netahtml/PTO/search-adv.htm>>.
- VEGA CENTENO, Máximo (2003). *El desarrollo esquivo: intentos y logros parciales de transformaciones económicas y tecnológicas en el Perú (1979-2000)*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica.

- VIOTTI, Eduardo (2002). "National learning systems: a new approach of technological change in late industrializing economics and evidences from the cases of Brazil and South Korea", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 69, n.º 7, pp. 653-680.
- (1997). "Passive and Active Nacional Learning Systems", documento presentado en la IV Conferencia Internacional en Políticas Tecnológicas y de Innovación. Curitiba, Brasil, 28 al 31 de agosto.