

PARTE II. EL URUGUAY HACIA UNA ESTRATEGIA  
DE DESARROLLO BASADA EN EL CONOCIMIENTO



## INTRODUCCIÓN GENERAL

El presente informe tiene por objetivo analizar la realidad de Uruguay frente a la asimétrica difusión actual del proceso de innovación tecnológica. Se trata de un aspecto crucial para el desarrollo socioeconómico y humano del país, en el contexto de la economía globalizada y de la vigencia de la economía intensiva en conocimiento que caracterizan a la realidad mundial.

El trabajo se organiza de la siguiente forma: en el capítulo I se detalla la *caja de herramientas* conceptual necesaria para comprender los elementos involucrados en un proceso de innovación tecnológica en una economía intensiva en conocimientos. En el capítulo II se examinan las ventajas y desventajas acumuladas por Uruguay hasta el presente en el proceso de innovación tecnológica. Con ese fin se realizó una revisión de los antecedentes disponibles a escala global y por sectores, incluyendo un análisis de la estructura

del comercio exterior y su vinculación con sectores tecnológicamente dinámicos.

A partir de los resultados del capítulo anterior se identificó un conjunto de empresas y entidades de investigación y desarrollo con dinamismo innovador, a las cuales se orientó la encuesta cuyos resultados se analizan en el capítulo III. El objetivo es evaluar las posibilidades de futuro para superar las dificultades verificadas en el proceso de innovación en Uruguay. Dichas posibilidades se centran en el fortalecimiento de sectores dinámicos tecnológicamente, que *faciliten* y *multipliquen* la innovación de la economía en su totalidad. Finalmente, en el capítulo IV se plantean las conclusiones y se establecen algunas recomendaciones de política de innovación y aprendizaje que derivan del trabajo empírico realizado. El capítulo culmina con una reflexión respecto de los vínculos entre el cambio técnico y el desarrollo humano.



# I. EL PROCESO DE INNOVACIÓN ENDÓGENA EN UNA ECONOMÍA INTENSIVA EN CONOCIMIENTOS

## Introducción

En el primer apartado del presente capítulo se plantean los hechos estilizados del progreso técnico de este último cambio de siglo, la importancia que estos fenómenos están adquiriendo en las economías mundiales y, particularmente, los efectos que tales transformaciones generan en los países periféricos, y dentro de ellos en los de América Latina. En los apartados siguientes se propone un enfoque teórico para dar cuenta del proceso de generación e incorporación del cambio técnico o, dicho de otra manera, de la innovación tecnológica como factor de transformación social. Primero (apartado 2) se exponen los argumentos que sustentan una visión según la cual el progreso técnico depende crucialmente de la acumulación de conocimientos (el enfoque que se sustenta parte de considerar a la empresa como un lugar privilegiado de dicho proceso). Esos conocimientos se van gestando o absorbiendo en las empresas a través de procesos de aprendizaje, los cuales se constituyen en la clave de su capacidad de innovar. Si bien se propone ahondar en la hipótesis que sostiene que el progreso técnico es endógeno a las empresas, y que éstas potencialmente pueden constituirse en un agente protagónico de dicho proceso, corresponde también destacar la importancia del entorno en que la empresa se inscribe y los vínculos de éste con el proceso de innovación. Las especificidades del entorno vinculadas al cambio técnico se presentan a partir del concepto de *sistema nacional de innovación* (SNI), que se analiza en el apartado 3. El concepto de SNI permite dar cuenta de la naturaleza del proceso de inno-

vación, que es colectivo e interactivo y descansa en el aprendizaje como herramienta principal para explicar el dinamismo de la innovación tecnológica. Pensar en el SNI es también dar cuenta de las redes como nuevas configuraciones de la actividad económica, instancias claves de la creación y circulación del conocimiento, así como de los procesos de aprendizaje e innovación. En suma, en este capítulo se desarrollan los conceptos necesarios para comprender la importancia de las empresas, de las redes y del SNI para fortalecer e impulsar una *economía intensiva en conocimientos* (EIC).

## 1. Lecturas de la economía intensiva en conocimientos

### *Enfoque general*

A partir de la segunda mitad de la década de los noventa comenzó a difundirse —principalmente a través de la prensa norteamericana— la idea de que Estados Unidos había entrado en una nueva era de crecimiento, fenómeno que se denominaba la *nueva economía*. Las características principales de dicha economía responden a un crecimiento macroeconómico sin inflación, arrastrado por la notable introducción en la economía de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC).

La nueva apelación generó, y genera aún hoy, gran polémica en diversos medios —periodísticos, políticos, técnicos y académicos—. El presente informe se aleja de dicho debate, dado que su propósito es enfocar el fenómeno de una manera más compleja, y desde la perspectiva del subdesarrollo.

La noción de *nueva economía* se diferencia de la de *economía intensiva en conocimientos*, que se empleará en este informe. Esta última hace hincapié en el papel de los conocimientos y de la innovación, así como de su impacto en la economía, y no sólo en la introducción y aplicación de las TIC. Al decir de muchos analistas, lo que Estados Unidos conoció durante la segunda mitad de los años noventa, y otros países occidentales más recientemente, es una aceleración de la transición hacia una economía intensiva en conocimientos, transición que comenzó hace mucho tiempo pero que se ha acelerado en estos últimos años, debido a la reciente maduración de las TIC.

En efecto, el conocimiento ha estado desde siempre en el corazón del crecimiento económico y de la elevación progresiva del bienestar social. La capacidad para inventar e innovar —es decir, para crear nuevos conocimientos e ideas que se materializan luego en productos, procedimientos y organizaciones— ha alimentado históricamente al desarrollo. Sin embargo, la expresión *economía intensiva en conocimientos* es un término recientemente acuñado y su utilización es aún imprecisa, aunque no hay duda de que pretende mostrar un cambio con respecto a períodos anteriores (David y Foray, 2003).

Un aspecto esencial de las transformaciones que están ocurriendo se conforma por la aceleración sin precedentes de la velocidad con la que el conocimiento es creado, acumulado, aplicado en la producción y depreciado en términos de relevancia económica y de valor. Esta tendencia se plasma en particular en una fuerte intensidad del progreso científico y tecnológico. La expansión del capital intangible es otra de las características fundamentales. Una tercera característica de la economía intensiva en conocimientos es el nivel de intensidad y aceleración de la innovación. La inversión creciente en innovación se refleja en los resultados de la investigación y desarrollo y del aprendizaje. Finalmente, el cuarto elemento característico de la transformación hacia economías intensivas en conocimientos es el importante papel que en ellas desempeñan las TIC, las cuales han provocado una verdadera revolución de los instrumentos del conocimiento. Estas

nuevas tecnologías, cuyas primeras formas surgieron durante los años cincuenta y que estallaron verdaderamente con la aparición de Internet, producen enormes efectos potenciales, ya que permiten el acceso a distancia de la información y proporcionan los medios para adquirir conocimiento (David y Foray, 2003).

Según la visión de Cimoli y Constantino (2000), en una economía intensiva en conocimientos el progreso técnico depende de la eficacia y eficiencia en la utilización y la producción de conocimientos, tanto tácitos como codificados. Y, dado que la creciente especialización del conocimiento induce a una mayor interdependencia entre actores económicos, están dadas las condiciones para el surgimiento de un *sistema de redes* que permite capturar los beneficios derivados del intercambio de conocimiento y la difusión de la innovación. Este sistema es necesario porque, entre otras razones, aunque una sociedad produzca y/o reciba mucho conocimiento codificado, si éste no se vincula con las habilidades incorporadas en individuos y organizaciones, el país no podrá capturar los ímpetus de productividad generados por el conocimiento bajo la forma de innovación y desarrollo.

Arocena y Sutz (2003) prefieren referirse a *sociedad capitalista del conocimiento* para subrayar la tendencia hacia la privatización del conocimiento, al mismo tiempo que la función desestabilizadora de las relaciones sociales y condiciones de vida que puede tener el nuevo papel que el conocimiento adquiere. Dicha desestabilización no se liga sólo o principalmente a las tecnologías que desataron la revolución, sino al conjunto de los procesos sociales de generación, apropiación, uso y control —por comisión u omisión— del conocimiento, en torno a los cuales se van configurando nuevas divisorias y conflictos. Para Arocena y Sutz (ibídem):

*No basta referirse a la expansión global de la economía basada en el conocimiento y motorizada por la innovación: corresponde agregar que las consecuencias y los impactos específicos de esa expansión están profundamente condicionados por los procesos diferenciales de aprendizaje. Éstos constituyen*

la clave de las nuevas divisorias ente Norte y Sur, y también entre grupos o sectores sociales. [...] [Esta] divisoria del aprendizaje no deja del mismo lado a todos los que habitan en un mismo lugar; grupos que se ubican del lado «de arriba» de tal divisoria existen en países que, considerados en su conjunto, están del lado de «abajo»; a la inversa, existen sectores «perdedores» en esa polarización que residen en regiones globalmente «ganadoras». Ésa es una de las causas por las cuales en el Primer Mundo se encuentran bolsones del Tercer Mundo y aun del Cuarto.

### La visión de la innovación en América Latina

Los cambios estructurales que se produjeron en América Latina desde mediados de los años ochenta (liberalización comercial y menor intervención pública en el proceso de desarrollo) crearon un nuevo entorno para empresas e instituciones que afectó negativamente la innovación y el aprendizaje:

[...] la escasez de bienes públicos e instituciones capaces de promover la creación de ventajas comparativas dinámicas basadas en el conocimiento es uno de los factores que explican por qué los sistemas de innovación de la región no han facilitado la acumulación y difusión de capacidades tecnológicas. Este proceso ha inhibido las interacciones entre los componentes de los sistemas de innovación y, por ende, la capacidad tecnológica nacional [...] el sistema de producción ha modernizado una pequeña parte de la economía, debido a los efectos derivados de la apertura; no obstante, este proceso no ha estado acompañado de un esfuerzo adecuado por estimular la creación de redes nacionales (CEPAL, 2002).

Se observa además que el nuevo patrón de adquisición de capacidades tecnológicas que caracteriza hoy al sistema productivo y las empresas en la región deriva de los siguientes factores (CEPAL, 2002):

a. Un proceso simultáneo de modernización e inhibición de las capacidades nacionales: a la vez que existe una mayor integración en sistemas internacionales de producción, que ofrecen economías de escala, se eliminan «los esfuerzos de adaptación de productos y procesos al medio

local, en favor de la «comoditización» de los bienes y servicios. [...] La articulación con el exterior se profundiza y se torna un factor determinante del comportamiento de las empresas, pero ello bien puede ocurrir a expensas de la inhibición de capacidades tecnológicas nacionales o incluso de la disminución de la densidad de las redes de vinculaciones internas».

- b. Marginalización y destrucción de cadenas productivas nacionales, por el progresivo reemplazo por productos e insumos importados.
- c. Especialización desigual en la producción del conocimiento; la región tiende a especializarse en actividades y procesos productivos relativamente poco intensivos en el uso de conocimientos tecnológicos.
- d. Transferencia de algunas actividades preexistentes de investigación y desarrollo hacia el exterior: empresas extranjeras que adquirieron empresas locales han reducido o suspendido esfuerzos nacionales de investigación y desarrollo creados en décadas anteriores. La privatización de servicios públicos ha llevado al cierre de departamentos técnicos y a la reducción de los gastos locales de ingeniería en energía, telecomunicaciones o transporte. Los nuevos operadores extranjeros introducen nuevas tecnologías traídas de sus casas matrices y de sus proveedores internacionales de insumos y servicios.

En su trabajo titulado «La agenda del desarrollo: elementos para su discusión», Octavio Rodríguez (2002) asegura que las desventajas de los países de menor desarrollo relativo en materia de progreso técnico dependen del modo como el proceso articulado de globalización y de avance técnico se va difundiendo desde las grandes economías industriales a las de menor desarrollo relativo. La argumentación parte de admitir la existencia de una *brecha tecnológica* entre ambos tipos de economía –entre centros y periferia– que tiende espontáneamente a reiterarse. En otros términos, se postula que el libre juego de las fuerzas del mercado trae consigo una diferenciación de los ritmos del progreso técnico entre los dos po-

los del sistema centro-periferia, desfavorable para la segunda.

Según Rodríguez, existen tres ángulos desde los cuales enfocar el tema de la *brecha tecnológica* entre centros y periferia. De acuerdo con el primero, se reconoce que las empresas ubicadas en la periferia poseen una magnitud que las hace menos aptas para asumir los costos y los riesgos involucrados en la investigación y desarrollo. Asimismo, muchas veces ellas vienen produciendo en condiciones que las sitúan lejos de la frontera tecnológica, es decir, de las mejores prácticas. Esto equivale a decir que tales empresas comienzan, en mayor o menor grado, con desventajas en lo que atañe a la acumulación previa de conocimientos y, por ende, a la capacidad de innovar. Ello es así en las áreas que definen el nuevo paradigma tecnoeconómico, y particularmente en las tecnologías de la información. Pero no se trata de que los conocimientos acumulados sean menores sólo en actividades de punta, propias del nuevo paradigma. Pueden también serlo en actividades desarrolladas en el marco del paradigma anterior, hacia donde las nuevas técnicas también se difunden, pero reproduciendo condiciones de rezago para las economías periféricas.

El segundo ángulo es el de las relaciones entre empresas. El progreso técnico se ve favorecido por las complementariedades entre actividades productivas y entre las empresas que las llevan a cabo, a raíz de las economías externas tecnológicas que ellas suscitan. El nuevo paradigma, en la medida en que crea nuevos productos y nuevos procesos, genera o define nuevas complementariedades, las cuales benefician particularmente a los grandes centros, donde dicho paradigma emerge y se pone en marcha. Pero además, la difusión de las nuevas tecnologías a un espectro amplio de actividades se ve dificultada en las economías periféricas, debido al menor desarrollo de las complementariedades preexistentes en ellas. Desde ambas perspectivas, se presentan desventajas para la periferia, en términos de su capacidad relativa para el desarrollo de complementariedades entre empresas y sectores.

El tercer ángulo es el del SNI. Aquí las desventajas son directamente visibles, tanto

en lo que se relaciona con la infraestructura tecnológica y la capacidad de formación de recursos humanos de alto nivel, cuanto respecto a las magnitudes absolutas y relativas de los gastos en ciencia y tecnología. Como ya se indicó, también se verifican desventajas en lo que respecta a la capacidad innovadora de la propia base empresarial, elemento constitutivo sin duda relevante de dicho sistema, y asimismo en lo que atañe a las instituciones y normas que lo enmarcan.

Según concluye Rodríguez, admitir la *brecha tecnológica* entre centros y periferia como tendencia general no implica negar la existencia de *ventanas de oportunidad*<sup>1</sup> relacionadas con el surgimiento de un nuevo paradigma, en ciertos ámbitos donde la tecnología no está apropiada y el acceso a ella misma es en principio más libre. Tampoco implica ignorar que se presentan en América Latina condiciones para el logro de avances tecnológicos potencialmente significativos, relacionados con la adopción de tecnologías disponibles en actividades productivas preexistentes, con la presencia de capacidades industriales y tecnológicas adquiridas en etapas de crecimiento previo, con la calificación de mano de obra que se fue logrando en su transcurso y con la abundancia de recursos naturales ahora potencialmente explotables mediante algunas tecnologías de vanguardia (CEPAL, 1996). Es de observar, sin embargo, que la realización de estas potencialidades depende de forma crucial de la puesta en marcha de conjuntos de políticas persistentes y adecuadas, en las cuales se tengan en cuenta los condicionamientos fuertemente negativos del actual proceso de globalización.

En suma, en los días que corren, la generación e incorporación de tecnología es clave para adquirir competitividad, tanto para las empresas como para las economías nacionales. De ahí que la innovación tecnológica se convierta en un tema inicial nítidamente asociado a las posibilidades de inserción o reinserción internacional de estas últimas, y por ende a las estrategias de redinamización a largo plazo de las economías de menor desarrollo relativo. Tomar nota de las condiciones de las que parten las economías periféricas, según lo expresado por Rodríguez, es

1 El concepto de *ventanas de oportunidades* fue introducido por Pérez (1986); no obstante, Ernst y O'Conner (1989) consideran que presenta algunas limitaciones. Pérez identifica cuatro fases de propagación de los paradigmas tecnoeconómicos: la de la difusión inicial, la del rápido crecimiento temprano, la del rápido crecimiento tardío y la de la madurez; fases éstas a través de las cuales la capacidad de apropiación del conocimiento tecnológico va variando. En la etapa inicial, gran parte de los principios científicos y técnicos en que se apoyan las nuevas tecnologías se encuentran a libre disposición en universidades o centros públicos de investigación. Se abren así oportunidades especiales que se convierten en verdaderas *ventanas de oportunidades* para países de menor desarrollo relativo. Éstas se basan en un mejor acceso a los nuevos principios técnicos y científicos fundamentales, que

esencial para establecer claramente las estrategias posibles de desarrollo económico, frente a la difusión internacional de los patrones productivos e institucionales de las EIC.

A lo largo de este primer apartado se han planteado los hechos estilizados del progreso técnico de este último cambio de siglo. La importancia que dichos fenómenos están adquiriendo en las economías mundiales, y particularmente en las de América Latina, hace necesaria su profunda comprensión. Por ello, en los siguientes tres apartados se analizan los conceptos básicos relacionados con esos fenómenos.

## 2. El progreso técnico endógeno: base del sistema nacional de innovación

A partir de la década de los 1980 varias áreas del análisis económico han retomado el interés sobre el análisis de largo plazo del cambio y el aprendizaje tecnológicos. Estos fenómenos se han convertido en temas centrales tanto de las nuevas teorías del crecimiento y el comercio internacional de corte neoclásico, como de las evolucionistas o neoschumpeterianas. La capacidad de un país para emprender exitosamente procesos de aprendizaje y cambio tecnológico ha surgido en numerosos trabajos como uno de los factores más importantes que explican las diferencias de crecimiento del ingreso y del comercio entre diferentes economías.

Las nuevas teorías del crecimiento y del progreso técnico, tanto neoclásicas como evolucionistas, subrayan el carácter endógeno de este último. Reconocer ese carácter ha transformado el análisis en ambas corrientes, aunque entre ellas sigue habiendo diferencias fundamentales. De un modo general, las dos visiones se distinguen por las categorías de análisis básicas que utilizan y también por el modo como se articulan en la definición del progreso técnico.

Este informe adopta una visión –inspirada en la economía evolucionista– según la cual el crecimiento económico es un proceso dinámico de *destrucción creativa*,<sup>2</sup> en el cual algunos sectores se expanden mientras otros

se contraen, y algunas empresas avanzan mientras otras se estancan, transformando las estructuras económicas. Pero no todos los sectores tienen la misma capacidad de *propagar el progreso técnico*: de la existencia de complementariedades entre empresas y sectores dependerán los impactos de la innovación sobre el crecimiento a nivel agregado.

No obstante, existen serios problemas para medir el impacto de la innovación sobre la economía. Éstos derivan de la dificultad para determinar con precisión las fuentes, los mecanismos de transmisión y los efectos del progreso técnico sobre el crecimiento, y también para fundamentar en forma más general las relaciones analíticas entre cambio tecnológico, especialización comercial y competitividad internacional de un país determinado.

En este informe el progreso técnico es concebido desde el ángulo de su aplicación al proceso productivo. Resulta de diferentes actividades ligadas al aprendizaje, la adquisición de bienes y servicios que incorporan nuevos conocimientos, la investigación y el desarrollo, y la ciencia y tecnología. Dichas actividades pueden ser endógenas a los procesos productivos, a las empresas o a las entidades que las realizan. El concepto de SNI intenta aprehender la articulación (o la falta de ella) entre todos esos agentes que intervienen en la dinámica del progreso técnico. En las siguientes secciones se analizan los conceptos vertidos aquí.

### ¿Dónde residen y cuáles son los conocimientos que se aplican en el proceso productivo?

El progreso técnico es concebido en este trabajo desde el ángulo de su aplicación al proceso productivo. Dicho *proceso productivo* consiste, desde una perspectiva reduccionista, en un conjunto de *actos de trabajo* simultáneos o sucesivos e interrelacionados que tienen el objetivo común de generar un bien o servicio. Desde una perspectiva más amplia, refiere a las capacidades culturales de una sociedad determinada para la provisión de dichos bienes y servicios.

plantean condiciones más igualitarias para competir en sectores «nuevos» (por ejemplo *software*, equipos de telecomunicaciones o instrumentación electrónica) y obtener ventajas específicas para competir en sectores «viejos» (por ejemplo, el automóvil), a condición de reconvertirlos. Sin embargo, el concepto de *ventanas de oportunidades* presenta limitaciones. En efecto, hay argumentos para señalar que éstas son notablemente más estrechas de lo que plantea Pérez. Ello es debido a que existe un alto nivel de apropiación del conocimiento tecnológico –aun en los inicios de un nuevo paradigma tecnoeconómico– y también a la importancia que adquiere el carácter acumulativo del conocimiento tecnológico. Es necesario, pues, como punto de partida, tener una *masa crítica inicial* para que se produzca un efecto de bola de nieve en el desarrollo de los aprendizajes tecnológicos (Ernst y O'Connor).

2 Al decir de Schumpeter (1962).

El lugar privilegiado en el cual se generan los bienes y servicios en una sociedad es la empresa. No obstante, el proceso productivo se extiende hacia fuera de los límites de la empresa, en tanto ésta contrata trabajadores, compra materiales e insumos para la producción, tiene en cuenta las demandas potenciales y efectivas, y externaliza operaciones y funciones, tanto productivas como de gestión y de innovación. De hecho, como se verá más adelante, el proceso productivo en las economías actuales se asemeja más a un dispositivo de red que a empresas aisladas que interactúan por la vía del mercado.

Los actos de trabajo envuelven el *ejercicio de capacidades* de la fuerza de trabajo y también de las empresas en cuyo seno tales actos se llevan a cabo. A su vez, las *capacidades* se adquieren en el propio proceso productivo, a través del aprendizaje individual y organizacional,<sup>3</sup> y en parte también fuera de él, a través de la educación general o especializada de la fuerza de trabajo. Las capacidades consisten en *conocimientos* que «posee» la empresa, incorporados en su fuerza de trabajo y en su organización. Dichos conocimientos se aplican a la propia realización de los actos de trabajo (incluyen el modo como se usan las máquinas y los insumos intermedios), a la forma en que éstos se organizan en la empresa, a la gestión de la firma como un todo, y a cómo ésta se relaciona para producir y vender con otras empresas y entidades de su entorno.

Esos conocimientos están incorporados a las *rutinas de las organizaciones*<sup>4</sup> y a las *habilidades de los trabajadores*.<sup>5</sup> Algunos de ellos pueden estar *codificados* en instrucciones claras y otros ser *tácitos*, es decir, difíciles de transmitir mediante información precisa (véase recuadro I).

Los conocimientos pueden ser más o menos fáciles de copiar por otras empresas, según el grado de codificación y complejidad que contengan. Es éste el problema que se invoca cuando se habla de *apropiabilidad* del conocimiento. Existen mecanismos, como la protección jurídica del uso de ciertos conocimientos o su secreto, que aseguran a quien los haya creado la apropiación del fruto que genera su aplicación en la economía.

No obstante, no todo conocimiento puede ser excluido en su uso por otros agentes a través de esos mecanismos. Un conocimiento sobre principios universales, por ejemplo, difícilmente podrá ser patentado para legitimar la propiedad de ese tipo de saber. Además de los mecanismos mencionados, las empresas pueden impedir la imitación generando continuamente nuevos conocimientos, o pueden también transformar los conocimientos generales en tan específicos de la empresa que sean difíciles o imposibles de copiar.

Otros *conocimientos* que intervienen en el proceso productivo son aquellos que la empresa «adquiere» y *ya están incorporados*, por ejemplo, en una máquina que compra, una planta llave en mano o un consultor externo que contrata. También intervienen conocimientos protegidos por derechos de propiedad intelectual, como son los contenidos en las patentes, las licencias, los derechos de autor o la certificación vegetal, y otros no protegidos como el *know-how* o los servicios científicos y tecnológicos.

### ¿En qué consisten la tecnología y el cambio tecnológico?

El proceso productivo supone la aplicación de *un conjunto de conocimientos* eficientes y eficaces para la producción de bienes y servicios. Dichos conocimientos se denominan *tecnología*. Una cuestión que ha acaparado la atención de los economistas es de qué manera las empresas adquieren tales conocimientos. Para ello, se propone distinguir las diversas fuentes de conocimientos. Una primera fuente se genera dentro de la empresa, a partir de actividades como la producción, la investigación y desarrollo (I+D) interna, la gestión de la empresa, el diseño de los procesos y productos y la capacitación y el aprendizaje. Éstas descansan sobre las capacidades intrínsecas de la empresa para absorber y acumular conocimientos. Las fuentes externas incluyen el conocimiento obtenido de otras firmas productoras de bienes y servicios y de empresas o entidades especializadas en I+D; de la disponibilidad de trabajo calificado y

3 El aprendizaje individual y el organizacional son definidos más adelante.

4 Se entiende por *rutinas* de las empresas los comportamientos regulares y previsible que conducen a esquemas repetitivos de actividades. Estos esquemas constituyen una memoria organizacional que orienta la toma de decisiones en los varios ámbitos de la empresa.

5 Se entiende por *habilidades* las facultades de un individuo para llevar adelante un conjunto de actos (físicos y mentales) coordinados, normalmente efectivos en el logro de sus objetivos.

no calificado y la de expertos consultores, y también indirectamente de los nuevos avances de la ciencia y la tecnología (diagrama I).

El cambio de la tecnología o, lo que es lo mismo, el progreso técnico consiste en la *introducción de nuevos conocimientos en la producción de bienes y servicios*. Estos conocimientos se materializan en la empresa a través de un *proceso de innovación tecnológica*, que involucra la búsqueda, el descubrimiento, la investigación, el desarrollo, la experimentación, la imitación y la adopción de nuevos o mejores productos, procesos productivos, construcciones organizacionales o formas de comercialización. El resultado exitoso de este proceso, la innovación tecnológica, puede ser novedoso para la empresa, el mercado local o el internacional.

### *Las fuentes que hacen endógeno el progreso técnico*

En las secciones anteriores se planteó la importancia del proceso productivo y el papel desempeñado por las empresas en el cambio tecnológico. En esta sección se examina de qué manera el progreso técnico puede concebirse como resultado de un proceso endógeno a la empresa, y al grupo de agentes involucrados en el mismo proceso de producción e innovación.

En la literatura especializada se suelen definir dos conceptos clave para referirse al progreso técnico endógeno. El primero hace referencia al cambio tecnológico como a una sucesión de mutaciones menores, o innovaciones incrementales.<sup>6</sup> El segundo refiere a mutaciones de mayor significación o innovaciones radicales.<sup>7</sup> Pero en ambos casos se percibe el cambio tecnológico como relacionado con la acumulación de conocimientos que se van gestando o absorbiendo en el seno de las propias empresas y que terminan por germinar en innovaciones tecnológicas. En suma, el cambio tecnológico resulta endógeno a la empresa cuando ésta logra transformar los conocimientos que genera internamente y los que adquiere fuera en conocimientos específicos, difícilmente imitables por otras firmas. Esto se aplica igualmente al con-

## *Recuadro 1*

### *Conocimientos codificados, tácitos, individuales y colectivos*

El *conocimiento codificado*, en la economía, se asimila a información. Se entiende por *información* el conjunto de conocimientos reducidos y convertidos en mensajes que pueden ser fácilmente difundidos entre los agentes (con el costo que implica la duplicación de esa información). La información codificada ha sido por lo general organizada y expresada en un formato compacto y estandarizado, de manera de facilitar y reducir el costo de operación de transmisión, verificación, registro y reproducción de los conocimientos. La revolución de las tecnologías de la información ha reducido enormemente el costo de codificación, estandarizando los lenguajes y las expresiones según formas diversas, como por ejemplo, numéricas o simbólicas.

El *conocimiento tácito* permanece por fuera de ese movimiento de codificación. Dicho conocimiento se compone de elementos del conocimiento de los individuos que permanecen indefinidos, no codificados ni publicados. Estos elementos no pueden ser siquiera expresados plenamente por quienes los poseen; difieren así de una persona a otra, sin desmedro de que puedan ser comunes a colegas y colaboradores. Son, además, inseparables de la práctica de los colectivos de los trabajadores que los generan y, por lo tanto, no son expresables fuera del contexto del proceso productivo dentro del cual fueron generados.

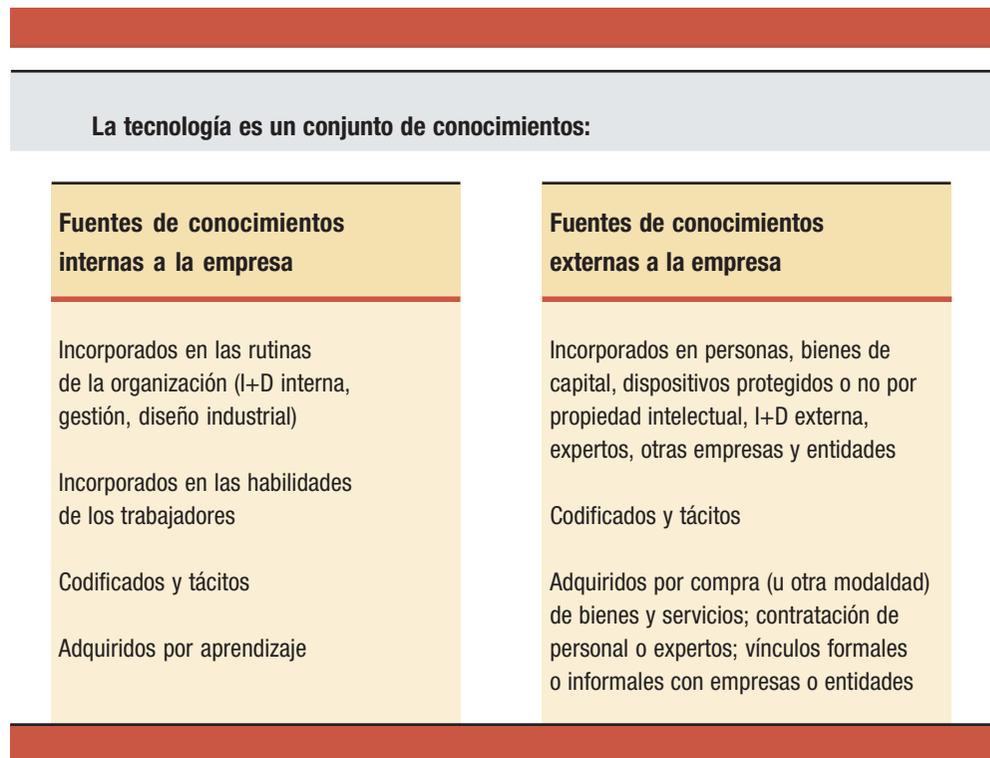
Más allá de la transformación del conocimiento en un objeto, el proceso de codificación alza la cuestión de la capacidad del poseedor del conocimiento para explotar sus diferentes categorías. Por ello, en el proceso de transformación del conocimiento no sólo hay que analizar la distinción entre sus componentes tácitos y codificados, sino también la transformación entre *conocimiento individual y colectivo*.

Fuentes: Foray (1992) y Rullani (2000)

6 Las innovaciones incrementales consisten en mejoras sucesivas a las que son sometidos los productos, procesos productivos, organización del trabajo y formas de comercialización. En determinado momento, la capacidad de estas innovaciones para producir mejoras encuentra inevitablemente sus límites, tanto técnicos como económicos. Sólo una nueva innovación radical, al determinar un nuevo horizonte de potencialidades, abre un nuevo abanico de innovaciones incrementales potenciales.

7 Las innovaciones radicales consisten en la introducción de productos, procesos, formas organizativas y de comercialización verdaderamente nuevos; son por definición rupturas capaces de iniciar un nuevo rumbo tecnológico. Equivalen al concepto de punto de bifurcación en la teoría de sistemas: son aquellos que modifican la evolución del sistema.

Diagrama 1



junto de empresas y entidades que participan del mismo proceso de producción e innovación.

El progreso técnico resulta, pues, de actividades internas y externas a la empresa. Dichas actividades están ligadas al aprendizaje por la práctica, a la adquisición de bienes y servicios que incorporan nuevos conocimientos, a la investigación y desarrollo y a la ciencia y tecnología. En los puntos siguientes se analiza con más detalle cada una de esas actividades.

#### Aprendizaje por la práctica

Se entiende por *aprendizaje por la práctica* la adquisición de conocimientos a través de la práctica productiva y por la capacitación. El aprendizaje conectado a la innovación incremental resulta de la experimentación, es decir, de acciones conscientes o intencionales, de pruebas sucesivas sobre nuevas formas de realizar las tareas. Con esto se quiere decir que los conocimientos en que las técnicas consisten se transforman para adaptarse a un proceso productivo particular, con su correspondiente organización del trabajo. Es de

observar que en este modo de ver el aprendizaje subyace una idea central, en última instancia asociada con el carácter tácito y acumulativo que se atribuye al conocimiento tecnológico. De acuerdo con esta idea, este conocimiento no puede ser transmitido en una forma lineal y simple, en la cual el transmisor traslada al receptor un saber acabado. Por el contrario, se entiende que el conocimiento depende de un proceso de aprendizaje en el que ese saber se ve sujeto a modificaciones y enriquecimientos. Dicho en otros términos: acceder al conocimiento tecnológico y dominarlo requiere desarrollar la creatividad, de modo de poder modificarlo y potenciarlo en provecho propio. Se entiende, por tanto, que el progreso técnico que deriva del aprendizaje por la práctica es endógeno al proceso productivo y a la empresa que lo organiza y lo lleva a cabo.

#### Adquisición de bienes y servicios que contienen nuevos conocimientos

La aplicación en la empresa de los nuevos conocimientos incorporados en los bienes y

servicios que adquiere no se hace de forma automática. Exige, por el contrario, un esfuerzo para dominar esos nuevos conocimientos y adaptarlos a las circunstancias específicas en las cuales se encuentra la empresa, como son la demanda local, las escalas de producción, las habilidades de los trabajadores y su particular organización del trabajo, y –con frecuencia– las materias primas locales. Por otro lado, el esfuerzo en materia tecnológica no termina con el dominio de la tecnología; ella puede mejorarse mediante ajustes menores, lo cual requiere mayores esfuerzos y nuevas capacidades. Todo esto supone implementar procesos de aprendizaje que hacen endógena la tecnología a los procesos productivos y a la empresa en la cual se llevan a cabo.

#### Investigación y desarrollo experimental

Las actividades de *investigación y desarrollo experimental* (I+D) comprenden la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental.<sup>8</sup> Suele entenderse la I+D como todo trabajo creativo de las personas llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de los conocimientos y el uso de esos conocimientos para derivar nuevas aplicaciones. Interesa diferenciar la I+D relacionada directamente con un proceso productivo y la que no lo está; esta última se denomina aquí *ciencia y tecnología* (C+T).<sup>9</sup> La primera se puede llevar a cabo a través de actividades laterales y separadas de ese proceso productivo en la empresa que la desarrolla (interna) o en otra empresa o entidad especializada (externa). La I+D puede estar asociada tanto a innovaciones incrementales como radicales.

Una empresa o entidad *aprende* a hacer I+D cuando logra acumular las capacidades para ejercer esa actividad a medida que la practica. También *aprende* a mejorar los resultados de sus actividades de I+D si consigue captar los problemas que se generan cuando éstos se utilizan en el proceso productivo.<sup>10</sup> Se entiende que la I+D interna es endógena a la empresa y también al proceso productivo si existe retroalimentación entre ambos; la I+D externa es endógena al tercero que la desarrolla y a la empresa cuando ésta logra hacer propios los conocimientos adquiridos.

#### Ciencia y tecnología

De las actividades ligadas a la ciencia y tecnología (C+T) derivan conocimientos científicos y tecnológicos que no están referidos a ningún proceso productivo particular. Las entidades que los generan son por lo general universidades públicas y privadas, así como laboratorios sin fines de lucro. La C+T interactúa con la I+D, al utilizar esta última los conocimientos de la primera; al mismo tiempo, la segunda ejerce una influencia sobre la primera, pues suscita nuevos interrogantes que inspiran a la C+T. La existencia de un pensamiento científico y tecnológico independiente, con criterios propios de evaluación, constituye una parte indispensable del progreso técnico endógeno que, si bien debe estar orientado a la solución de problemas específicos, ha de retroalimentarse permanentemente con esos ámbitos de creación y reflexión. Los conocimientos que se obtienen en tales ámbitos son endógenos a las entidades, y muchas veces a los grupos de investigación y personas que los generan, así como a las empresas y entidades de I+D, si existe retroalimentación. También son endógenos a la sociedad como un todo si los conocimientos generados se difunden y convierten en parte de la cultura nacional.

En suma, en el diagrama 2 se resumen las actividades fuentes de progreso técnico descritas en los puntos anteriores, las cuales sólo podrán desarrollarse si se cuenta con la calificación, la formación y el esfuerzo de las personas involucradas. Esto último explica por qué las entidades que se dedican a la formación de las personas para educarlas y capacitarlas de forma que puedan intervenir en los procesos de innovación son una parte indispensable del desarrollo de las actividades fuentes de progreso técnico.

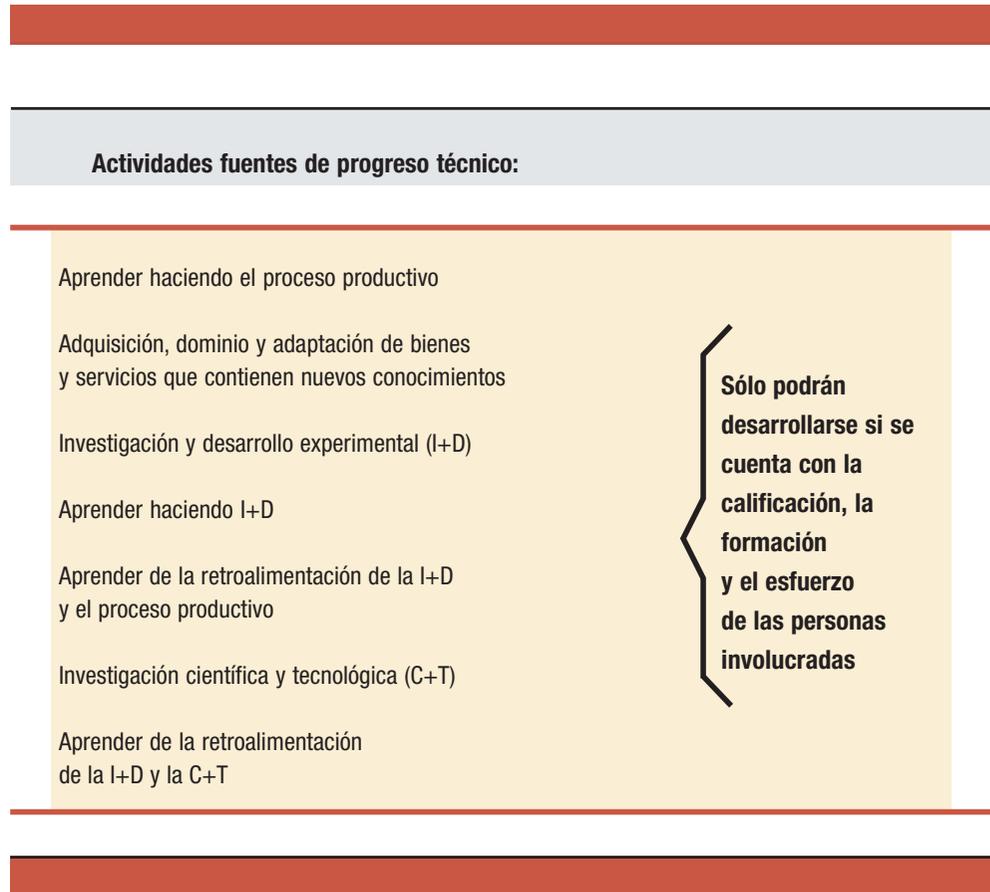
De la presente sección puede concluirse que se identificaron *tres perspectivas* desde las cuales puede concebirse el *carácter endógeno del progreso técnico*. La primera está conformada por las propias empresas que llevan a cabo la producción, en tanto al desarrollar procesos de aprendizaje e innovación se constituyen ellas mismas en generadoras de los nuevos conocimientos en que el progreso técnico consiste. La segunda la constituyen las

8 Aunque la división entre ciencia básica y aplicada está perdiendo sentido en la actualidad. Es el caso de nuevas tecnologías como las biotecnologías, en las cuales esas fases ya no son distinguibles, pues son casi simultáneas.

9 Por lo general, los resultados de la C+T se encuentran disponibles en publicaciones de acceso no restringido, mientras que los de la I+D suelen plasmarse en conocimientos protegidos por derechos de propiedad intelectual o el secreto. En algunas áreas del conocimiento, sin embargo, al volverse más difícil la separación entre las diversas fases de la investigación, también el acceso a la C+T está siendo restringido.

10 Esto se denomina *aprendizaje por la utilización* (Rosenberg, 1982).

Diagrama 2



empresas y las entidades que realizan I+D, actividad con base en la cual generan endógenamente los conocimientos adicionales constitutivos del progreso técnico. La tercera reúne a las entidades universitarias y centros de investigación empeñados en el desenvolvimiento de la C+T, los cuales cumplen un papel relevante en la generación de progreso técnico, por la vía de su interacción con aquellas otras entidades (o empresas) que realizan la I+D y la sociedad como un todo.

### 3. El sistema nacional de innovación

Los aspectos del conocimiento tecnológico subrayados en el apartado anterior –tácito–codificado frente a colectivo–individual, localizado y acumulativo–, además de los esfuerzos de aprendizaje que se van realizando en el seno de

las propias firmas, hacen que la tecnología sea fundamentalmente específica a las empresas que la ponen en práctica. Es éste el resultado de admitir que el progreso técnico es endógeno a las empresas y que éstas son su agente protagónico. Se reconoce también que el progreso técnico y su aplicación en la economía dependen del entorno en el cual las empresas están insertas. El contexto en que la firma se inscribe comprende las articulaciones entre empresas que sólo desarrollan procesos productivos, las que además generan también I+D, las más especializadas que sólo se ocupan de la I+D y las entidades que realizan actividades de I+D, de C+T o de ambas. Además, actúan y se relacionan con los anteriores agentes las entidades de apoyo a la investigación, innovación y producción, las que ofrecen medios para financiar esas actividades y las que forman a las personas para intervenir en los procesos productivos, en la innovación y en la investigación.

Las postulaciones precedentes –el protagonismo tecnológico de las empresas y el papel del entorno– han sido captadas a través del concepto de SNI por autores evolucionistas.<sup>11</sup> En el diagrama 3 se esquematizan las agentes y articulaciones que lo conforman.

En las próximas secciones se especifica el contenido concreto que se le da en este informe al SNI.

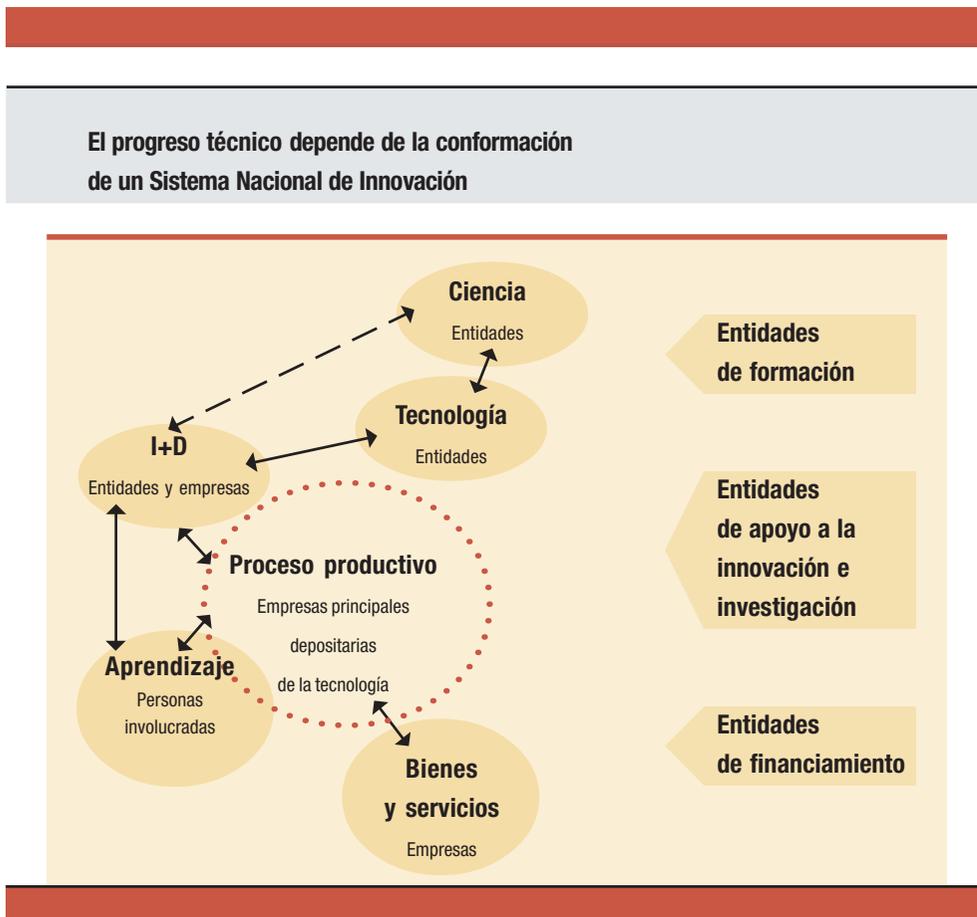
### El SNI: un enfoque neoschumpeteriano

El concepto de SNI, tal como lo plantean los autores evolucionistas, reconoce el carácter endógeno del progreso técnico desde sus tres perspectivas: endógeno al proceso productivo, endógeno a la empresa y endógeno a las entidades universitarias y centros de investigación.

La aplicación a una economía subdesarrollada del concepto de SNI, «construido a partir de la observación de relaciones empíricas en los países del centro» (Arocena et al., 2000), ha de realizarse con suma cautela, sin aplicar mecánicamente las enseñanzas extraídas de los éxitos y fracasos en materia tecnológica de los países desarrollados. No obstante, es posible justificar su utilización para analizar los modos en que se desenvuelve el progreso técnico en las economías de la periferia, debido al énfasis que dicho concepto pone en los procesos de aprendizaje tecnológico y el papel fundamental que estos procesos cumplen en el desarrollo innovador de estos últimos países.

El concepto de *sistema* es utilizado no siempre en un sentido preciso. Por ello conviene señalar que un sistema es un conjunto de elementos que interactúan, de modo que

Diagrama 3



11 El concepto de SNI fue introducido por Freeman (1987, 1988), Lundvall (1985, 1992) y Nelson (1985, 1988), quienes estudiaron los mecanismos de generación y difusión del progreso técnico en los países desarrollados.

el sistema tiene propiedades diferentes de las de sus componentes, y que —además— el cambio en uno de los elementos puede provocar cambios en otros elementos y con ello en el sistema íntegro.<sup>12</sup> Estas características de un sistema son especialmente relevantes para definir el SNI: en particular, su potencial innovador dependerá del grado en que los agentes participantes se vinculan y se potencian, y se debilitará cuando éstos se aíslan.

Desde el punto de vista del *territorio* en el que se materializa el SNI, el carácter *nacional* del sistema radica en el hecho de que se está aludiendo a elementos y relaciones localizadas o surgidas dentro de las fronteras de un Estado-nación. Las tendencias hacia la globalización y/o regionalización de la economía mundial pueden implicar un debilitamiento de la coherencia y la importancia del carácter nacional del sistema de innovación. Sin embargo, se aduce que este carácter sigue siendo central en ellos, a raíz de dos órdenes de consideraciones. En primer lugar, la importancia del entorno nacional se liga al hecho de que el proceso de innovación requiere apoyarse en conocimientos tácitos y de difícil codificación. En tales circunstancias resulta fundamental que los usuarios y productores del cambio técnico compartan sus normas, así como un sistema cultural básico de interpretación. Por otra parte, no se desconoce que a menudo los procesos de innovación trascienden las fronteras nacionales y algunas veces son más regionales que nacionales. Sin embargo, esta tendencia no implica que dichos procesos no se sigan realizando en un entorno nacional, dada la importancia de este último en diversos procesos de innovación específicos. Así, por ejemplo, es posible constatar que las grandes corporaciones debilitan sus lazos con los países de origen y aprovechan las ventajas ofrecidas por los SNI de los países donde instalan algunas de sus filiales.<sup>13</sup> Más recientemente, diversos estudios subrayan el carácter local de los sistemas de innovación, pues los factores de espacio y proximidad contribuyen a crear y a compartir el conocimiento tácito.<sup>14</sup>

No obstante, ha de tenerse presente que, en el caso de los países de la periferia, un rasgo característico de los sistemas de inno-

vación es la fuerte dependencia de tecnología extranjera, por lo que las relaciones que se establecen con los actores externos son cruciales. En América Latina, la actual especialización internacional de la producción y del conocimiento sostiene un sistema de vínculos donde la demanda de conocimiento e innovación se dirige fundamentalmente hacia las economías avanzadas. Además, los procesos de liberalización llevados adelante en las pasadas décadas incentivaron el desarrollo de interacciones con empresas e instituciones localizadas en el exterior, e inhibieron vínculos entre agentes locales (Cimoli y Constatino, 2000).

Desde el punto de vista de *la dirección y el sesgo del progreso técnico*, si bien las empresas, los sectores y las cadenas de valor van adquiriendo y acumulando conocimientos a lo largo de trayectorias tecnológicas propias, el camino que siguen está acotado o promovido por el contenido del paradigma y de la trayectoria tecnológica del SNI.

El *paradigma tecnológico*<sup>15</sup> define un cierto potencial de desarrollo tecnológico a partir del cual existen varias posibilidades de investigación, de desarrollos y de realizaciones. El concepto de *paradigma* tiene un contenido estrictamente tecnológico. La aparición de un paradigma implica un salto, y por lo tanto una discontinuidad en la evolución tecnológica; cada nuevo paradigma define un nuevo horizonte de posibilidades que abre un abanico de nuevas trayectorias tecnológicas posibles. La *trayectoria tecnológica*<sup>16</sup> está constituida por una serie orientada y acumulativa de innovaciones sucesivas o, si se quiere, de innovaciones incrementales. Las condiciones económicas en las cuales estas trayectorias tienen lugar favorecen un proceso de selección de las innovaciones; de tal modo que, entre varias líneas de desarrollo y de acumulación posibles, abiertas por ciertas innovaciones mayores (o radicales), sólo algunas líneas determinadas se afirman de manera acumulativa (diagrama 4).

Desde el punto de vista del *nivel de agregación económica* del SNI, se reconoce también que la referencia a la economía en su totalidad no impide la existencia de subsistemas sectoriales de innovación. En el presente in-

12 Bunge (1973).

13 Véase en Chesnais (1993) el papel de los SNI con relación a las grandes empresas multinacionales.

14 Por ejemplo, los de Maskell y Malmberg (1999), Gertler (1995) y Wolf (2000).

15 Dosi (1988).

16 *Ibidem*.

forme los sistemas sectoriales de innovación y producción (SSIP) son un concepto clave que se especifica más adelante en este capítulo.

### El SNI: un enfoque de redes

La literatura sobre SNI parte de concebir la innovación tecnológica y la creación de conocimiento como procesos no lineales, en los que muchos agentes y organizaciones diferentes intercambian información y cooperan en la producción de nuevo conocimiento. La innovación es así vista como un proceso interactivo entre los principales componentes del sistema, que involucra agentes, instituciones y estructuras económicas y no económicas.

En este esquema analítico, las redes son las nuevas configuraciones de la actividad económica que responden a la necesidad de *interacción* como factor clave de la creación y circulación del conocimiento, y se constituyen en subsistemas del SNI, es decir, en sistemas especializados dentro de él. Dichas configuraciones pueden tomar diferentes formas

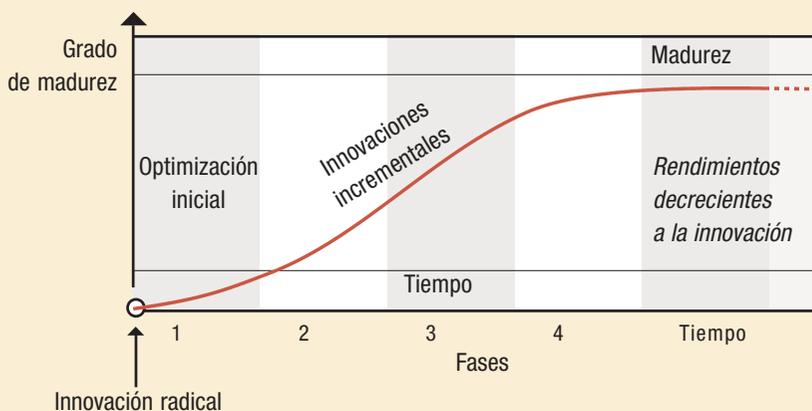
en función, por ejemplo, del énfasis que tiene el *territorio* (*clusters* y sistemas locales de innovación) o los *sectores productivos* (SSIP, *tramas productivas* o cadenas de valor).

En suma, la adhesión a la visión del modelo no lineal de innovación conlleva la de un SNI cuyo dinamismo encuentra su clave en la interacción entre los conocimientos de los diversos agentes que lo componen. Así pues, para concretarse *la innovación tecnológica se requiere de un conjunto de procesos interactivos sujetos a retroalimentación, y el modo de interactuar es a través de redes de conocimientos.*

En las próximas subsecciones se aborda, en primer lugar, el significado que se le suele dar en la economía al concepto de *red*; luego se incursiona sobre las razones que hacen que el proceso de innovación sea cada vez más un proceso colectivo; en tercer lugar, se introducen las externalidades tecnológicas y las actividades que proveen esas externalidades; en cuarto lugar, se exponen los argumentos para considerar a las relaciones usuario-productor como redes con fuertes potencialidades para aprovechar las

Diagrama 4

#### La evolución de una tecnología: Una trayectoria tecnológica



Fuente: Carlota Pérez (2001).

externalidades tecnológicas; y, finalmente, se propone el concepto de SSIP como un instrumento útil para integrar todas las anteriores consideraciones sobre el proceso de innovación tecnológica.

#### ¿Qué son las redes?

Se considera la red como un caso especial de organización económica que, al igual que una empresa productiva, está conformada por recursos (humanos, materiales, inmateriales) y se caracteriza por la presencia de un gran número de terminales ubicadas en localizaciones distantes e interconectadas. El conjunto forma un sistema desde el que se producen los servicios de red (Oniki, 1992).

En esta perspectiva, los principales componentes de la red son los nodos —o centros de intercambio— y las conexiones entre ellos. Los servicios de la red son generados por los flujos que se establecen entre los nodos a través de las conexiones, flujos que pueden ser bidireccionales o unidireccionales. En razón de la necesidad de economizar estos flujos, la red se estructura en forma jerárquica, y los nodos y conexiones se distinguen por el nivel en el que se encuentran (intermedio o terminal). El papel de nodos y conexiones es transmitir eficientemente los flujos de la red, por lo que la capacidad de conexiones, nodos intermedios y terminales son características económicas importantes del sistema (ibídem).

Las empresas en red resultan de los esfuerzos para internalizar selectivamente los diversos factores necesarios para controlar el proceso de innovación, conscientes de la naturaleza colectiva de este proceso. Son grupos o clubes de empresas que cooperan estratégicamente para compartir el conocimiento, las capacidades técnicas y las oportunidades de aprendizaje. En suma, pueden ser vistas como «instituciones cooperativas diseñadas para aumentar la apropiabilidad de los beneficios de la innovación tecnológica y reducir el carácter de bien público del conocimiento» (Antonelli, 1992).

#### La naturaleza colectiva del proceso de innovación

Según se reconoce, la creciente competencia internacional hace que la competitividad de

la empresa dependa cada vez más de su habilidad para aplicar nuevo conocimiento y tecnología en los productos y procesos productivos. Pero el desarrollo tecnológico acelerado y la creciente *especialización del conocimiento* restringen la posibilidad de que una empresa produzca, por sí sola, todo el conocimiento relevante. Al mismo tiempo, la empresa busca *especializarse productivamente*, con el objetivo de reducir riesgos y disminuir el tiempo de llegada al mercado. De esta forma, la empresa se torna más dependiente del conocimiento complementario y del *know-how* de otras empresas.

Por otro lado, las empresas se basan cada vez más en la investigación científica y en la interacción con el *sistema científico y tecnológico* para nutrir el proceso de innovación. La investigación básica y aplicada es la fuente de muchas de las tecnologías que están transformando la sociedad, particularmente de la biotecnología y de la tecnología de la información. El sistema universitario provee los graduados capacitados para las empresas innovadoras, así como nuevos instrumentos y métodos para la investigación, y capacidad de resolución de problemas.

La evidencia sugiere que la interacción entre el sistema científico y tecnológico y el sector empresarial es más importante que en el pasado, y en muchas áreas la innovación tecnológica es más intensiva en conocimiento científico (por ejemplo, aumenta la proporción de artículos cuyos coautores son un científico industrial y un académico). Los vínculos son muy fuertes en química farmacéutica, orgánica y alimentaria, biotecnología y semiconductores, pero más débiles en ingeniería civil, máquinas, herramientas y transporte. La frontera entre ciencia y tecnología es difusa en tecnología de la información y las comunicaciones y en biotecnología, dado que los descubrimientos fundamentales pueden conducir tanto a una publicación científica como a un éxito comercial (OCDE, 2000).

Las instituciones de investigación también desempeñan un papel en la formación de *redes globales de investigación e innovación*, consideradas cruciales para la difusión tecnológica y la innovación. Por eso los países que

quieran beneficiarse de los flujos globales de conocimiento deben contar con un sistema científico suficientemente desarrollado.

En suma, por un lado, la creciente competencia conduce a las empresas a otorgar mayor importancia a la investigación. Al mismo tiempo, la diversificación y la especialización del conocimiento y la tecnología hacen que no puedan abarcar, por sí mismas, todas las disciplinas requeridas para la innovación. Ello, aunado a los mayores costos y riesgos de la innovación, conduce a la extroversión de la empresa, que tiende a especializarse en lo esencial, y a la cooperación para innovar, crecientemente internacionalizada.

#### El papel de los sectores clave proveedores de externalidades tecnológicas

En economía se define el concepto de *externalidad* como toda forma de interdependencia directa entre los miembros de un sistema económico, que no opera a través del mercado o no está enteramente mediada por los precios. Se trata de efectos de las actividades de unos agentes sobre otros, que pueden ser beneficiosos o perjudiciales y que no generan ninguna compensación entre ellos.

Las externalidades que importan en este análisis son las tecnológicas, las cuales son no pecuniarias, pues pretenden capturar el hecho de que el conocimiento producido por un agente beneficia a otros sin compensación financiera ni de ningún otro tipo. Las externalidades tecnológicas reaparecen hoy, para muchos autores, como un aspecto central en la elaboración de una microeconomía dinámica, es decir, capaz de explicar el crecimiento y el cambio de las organizaciones.

Existen formas particulares de conexión entre las empresas que potencian el aprovechamiento de las externalidades tecnológicas. Estas conexiones o complementariedades se establecen entre actividades productivas inscritas, ya sea en un mismo sector, ya sea en sectores diferentes, así como entre las empresas que las llevan a cabo. El establecimiento de agrupamientos de empresas, a través de su concentración en un territorio determinado o su participación en otro tipo de redes (como son los SSIP, las cadenas de

valor o las tramas productivas) es una condición importante para la empresa que quiere aprovechar las externalidades. Ello es así porque las redes generan mayores facilidades para la creación de habilidades colectivas, la cooperación usuario-productor de innovaciones y conocimientos y la subcontratación de fases de los procesos productivos o servicios.

En otras palabras, las externalidades tecnológicas son generadas por decisiones de inversión y oportunidades tecnológicas y se expanden entre las empresas a través de sus interconexiones. El progreso técnico se ve pues favorecido por las complementariedades existentes entre actividades productivas y entre las empresas que las llevan a cabo, a raíz de la internalización que ellas suscitan de las externalidades tecnológicas.

Ahora bien, no todas las actividades productivas tienen la misma capacidad para propagar el progreso técnico. Tal capacidad depende de las oportunidades tecnológicas que se presentan, es decir, de las posibilidades y facilidades de una empresa para alcanzar una innovación, y éstas, a su vez, dependen de la trayectoria tecnológica de la propia empresa, del sector económico al que pertenece y de los paradigmas y trayectorias tecnológicos que predominan en el SNI en el cual está inserta. A las actividades productivas con mayores capacidades de propagar el progreso técnico se las denomina *sectores-clave*. Ellas son *las proveedoras de externalidades tecnológicas esenciales para el resto del sistema económico*.

Según se aduce, los sectores clave proveedores de externalidades tecnológicas para el resto de la economía tienen tendencia a organizarse más probablemente alrededor de las *tecnologías genéricas o transversales* (es decir, que pueden ser utilizadas en muchos sectores de la economía y en diferentes actividades) con mayores oportunidades de aplicación. Según Freeman (2003), en la actualidad, las TIC han demostrado su capacidad para impregnar casi todas las actividades de la economía, por lo que no ofrecen dudas respecto a su condición de tecnologías genéricas. No obstante, la biotecnología no ha cumplido aún con todas las expectativas de aplicaciones que se pronosticaron en los años

1970 y 1980. Si bien está transformando la industria farmacéutica y la agricultura, en la química básica y la alimentación animal los nuevos procesos basados en la biología molecular no han probado aún ser más competitivos que las técnicas establecidas. Por otro lado, no hay una aceptación social generalizada de las técnicas de manipulación genética porque todavía no se conocen exactamente los efectos que ellas pueden tener sobre el ecosistema, y eso frena el desarrollo de sus aplicaciones. La biotecnología tiene muchas posibilidades de ser un motor de crecimiento en el futuro, pero no como sucesora de las TIC sino en combinación con ellas, lo que se suele denominar bioinformática. Finalmente, las tecnologías ambientales asociadas a fuentes de energía renovables tendrán, según Freeman, una expansión considerable también.

#### Redes constituidas sobre la base de relaciones usuario-productor

La efectividad de los procesos de innovación depende mucho del grado y la forma en que participan los *actores receptores* de conocimiento e innovación. Hay toda una gama de posibilidades, que van desde la adopción pasiva, «llave en mano», de un nuevo dispositivo o procedimiento, hasta el involucramiento activo en la elaboración de las soluciones, a partir de la formulación misma del problema; en este último caso, quienes incorporan innovaciones influyen en sus caracteres e impactos hasta un punto tal que ellos mismos han de ser considerados también como innovadores (Arocena y Sutz, 2003). Así, se suele hablar del *aprendizaje por la interacción entre usuarios y productores* (Lundvall, 1988) cuando los intercambios entre proveedores y usuarios generan nuevo conocimiento tecnológico que se plasma en que los primeros aprenden a mejorar su producto o servicio y los segundos a adaptarlo a sus necesidades específicas. La relación usuario-productor se multiplica, además, en el contexto de una relación de *proximidad territorial* porque es más fácil desarrollar canales eficientes de comunicación y códigos de conducta (muchas veces tácitos) entre usuarios y productores.

Las interacciones usuario-productor no deben entenderse, sin embargo, solamente como relaciones verticales entre *la oferta y la demanda de conocimientos e innovaciones*, pues, por un lado, a lo largo del proceso de innovación los agentes pueden ir cambiando de papel (pasando de demandar a ofrecer conocimientos, por ejemplo), configurando así una suerte de cadena de intercambio de conocimientos; y por otro, se establecen también relaciones horizontales entre entidades y empresas entre sí, y entre estas últimas y aquéllas.<sup>17</sup> Esta visión de la oferta y demanda de conocimientos es particularmente importante en este informe, pues el trabajo empírico realizado (capítulo III) se basó en esas categorías para seleccionar a los agentes para encuestar.

En suma, las interacciones de los agentes en red se basan en las relaciones entre los usuarios y productores de conocimientos e innovaciones; esas redes resultan de los esfuerzos de los agentes en orden a internalizar selectivamente los diversos factores necesarios para controlar el proceso de innovación tecnológica (como son las externalidades tecnológicas), conscientes de la naturaleza colectiva de ese proceso. El desarrollo simultáneo de proveedores y usuarios de innovaciones, y su interacción continua y articulada determinan, pues, un estímulo a la actividad innovadora y originan una suerte de círculo virtuoso para el cambio tecnológico.

#### Los sistemas sectoriales de innovación y producción: una plataforma para obtener ventajas en la utilización de conocimientos

La configuración en red bajo la forma de un SSIP (Malerba, 2002) reúne las características señaladas de la relación usuario-productor.<sup>18</sup> Un SSIP se compone de un conjunto de nuevos productos y servicios —ya «establecidos» en el mercado— con usos específicos, y de un conjunto de agentes —que interactúan a través de relaciones de compraventa y de otras relaciones que no pasan por el mercado— para la generación, producción y venta de esos productos. Un sistema sectorial se caracteriza por tener una determinada base de conocimientos, tecnologías e insumos específicos, y una demanda emergente y potencial.

17 Ejemplos de este último tipo de vinculación son la asociación entre una empresa y una entidad de I+D para *ofrecer* un determinado bien o servicio con nuevo conocimiento incorporado, o la alianza entre dos o más empresas para *demandar* una investigación cuyos resultados son útiles para todas.

18 El SSIP interesa particularmente en este informe, pues el trabajo empírico —cuyos resultados se exponen en los capítulos III y IV— se basó en las categorías que lo componen.

Sobre la base de diversos trabajos empíricos, se sabe que las condiciones de apropiabilidad y acumulatividad de los conocimientos en cada SSIP no varían mayormente en función de las empresas y los países en los que éstas están inscritas. No obstante, la capacidad de una empresa para generar y explotar las oportunidades existentes parece estar más ligada a las particularidades locales. Esa capacidad depende del nivel y rango de la investigación universitaria, de la presencia y eficacia de la articulación entre la academia y el sector productivo, de los lazos horizontales y verticales entre las firmas locales, de la interacción entre usuarios y productores y de los tipos y niveles de esfuerzos de innovación de las empresas.<sup>19</sup>

Malerba identifica las principales dimensiones que afectan en el nivel del SSIP la organización de la generación, difusión y adopción de conocimientos, así como su aplicación a la economía. Las dimensiones detectadas son las siguientes:

- a. *Los agentes.* Son las firmas que venden los productos y servicios del sector, las que les suministran a éstas bienes y servicios especializados y, finalmente, las empresas usuarias de lo que venden las primeras. El otro tipo de agente en un SSIP son las organizaciones no empresariales como las universidades (o más bien subunidades de las universidades como los departamentos o laboratorios de I+D), las agencias de financiamiento, los centros de investigación públicos (también considerando sus subunidades de investigación) y las asociaciones gremiales.
- b. *El conocimiento de base.* Difiere entre sectores en términos de su campo científico y tecnológico, de sus aplicaciones, de los usuarios y demanda de los bienes y servicios sectoriales.
- c. *Los tipos y estructuras de interacciones entre firmas, y entre éstas y las organizaciones no empresariales.* Diferirán entre sectores en función del conocimiento de base, de los procesos relevantes de aprendizaje, de las tecnologías básicas, de las características de la demanda y de las interacciones clave y las complementariedades dinámicas (por ejemplo, se puede pensar en el cambio que

significa para la industria farmacéutica el nuevo conocimiento de base en biotecnología y su impacto sobre sus formas de relacionamiento con otras empresas y las universidades).

- d. *Las instituciones.* Incluyen normas, rutinas, reglas, leyes, prácticas establecidas, hábitos comunes, etc. que moldean las acciones y la capacidad cognitiva de los agentes y afectan la interacción entre ellos.

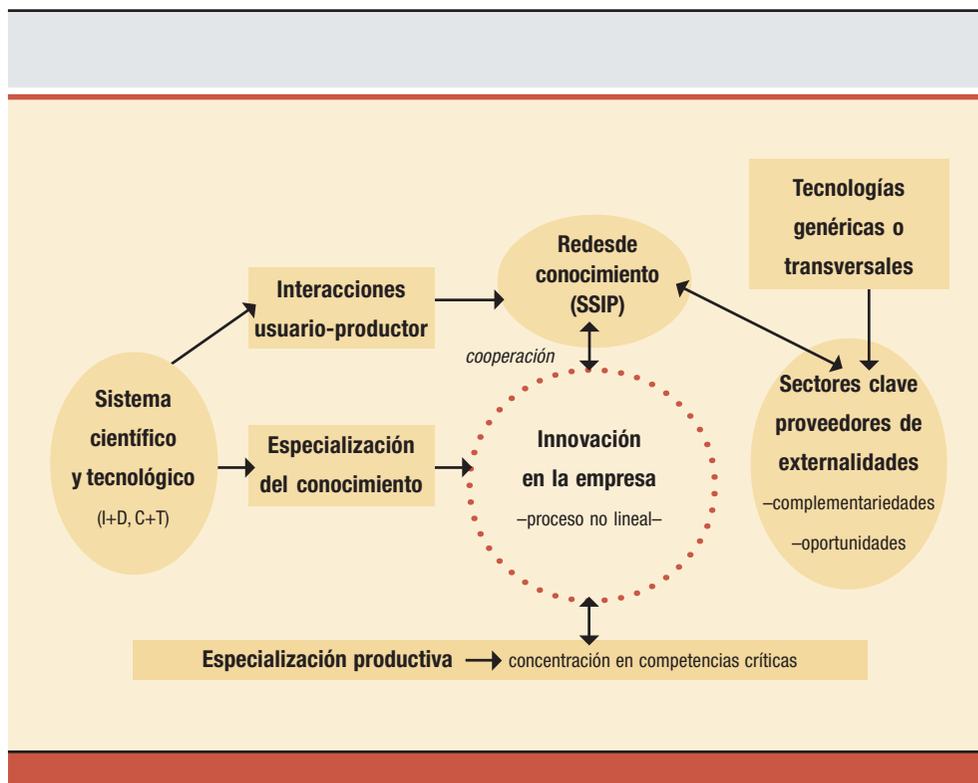
En suma, en el diagrama 5 se encuentran resumidos los aspectos descritos en las subsecciones anteriores sobre el SNI según un enfoque de redes. Ellos son los elementos considerados para fundamentar por qué las redes de conocimientos —en forma de SSIP— son plataformas para obtener ventajas en la utilización de conocimientos. Las empresas se ven presionadas a cooperar con otras empresas y entidades en redes de conocimientos. Si estas redes están conformadas por productores y usuarios de innovaciones, y además intervienen en ellas agentes de sectores clave proveedores de externalidades tecnológicas (por lo general de actividades ligadas a tecnologías genéricas), su funcionamiento tendrá un impacto importante sobre la actividad innovadora, que originará una suerte de círculo virtuoso para el cambio tecnológico, llamado en este informe *proceso de innovación endógena*.

Como síntesis final, en este capítulo se ha planteado una teoría del progreso técnico que propone al SNI como marco conceptual —y como instrumento práctico de primera importancia— para concebir la innovación tecnológica y la creación y distribución de conocimiento. Este enfoque subraya la naturaleza interactiva entre los principales componentes del sistema, que involucra agentes, instituciones y estructuras económicas y no económicas. Una singularidad de esos sistemas es el carácter sinérgico que adquiere el proceso de aprendizaje, el cual se puede manifestar en la generación de mayor cantidad y complejidad de conocimientos específicos que se constituyen en barreras de entrada para agentes externos. De esta forma se genera una ventaja —que puede transformarse en competi-

19 Malerba (2002), citando un trabajo de Nelson (1993): *National Innovation Systems: a Comparative Study*, Oxford: Oxford University Press.

Diagrama 5

El Sistema Nacional de Innovación de una Economía Intensiva en Conocimiento



tiva— de los agentes de un mismo sistema que es mayor que la suma de las funciones individuales de cada uno de ellos.

Según la visión que se sustenta en este trabajo, el desempeño del SNI de una EIC depende fuertemente de la distribución del saber a través de redes formales e informales, basadas en la interacción entre productores y usuarios de conocimientos e innovaciones, y comprende los flujos y relaciones entre los diversos agentes intervinientes. Además, los sectores clave proveedores de externalidades tecnológicas para el resto de la economía se organizan alrededor de lo que se denomina *tecnologías genéricas o transversales*.

Son esas particularidades que adopta el *proceso de innovación endógena* en una EIC las que han dado origen al título de este capítulo. Sobre la base de los conceptos desarrollados, en los próximos capítulos se examinarán para Uruguay dos aspectos centrales señalados sobre las economías periféricas en el mencionado trabajo de Rodríguez (2002): las ventajas y desventajas acumuladas hasta aquí por el país en materia de desarrollo de un proceso de innovación endógena (capítulo II), y las posibilidades de Uruguay para abrir *ventanas de oportunidades* frente a la asimétrica difusión actual del proceso de innovación tecnológica (capítulo III).

## GLOSARIO

**Aprendizaje por la práctica.** Adquisición de conocimientos a través de la práctica productiva y la capacitación. Acceder al conocimiento tecnológico y dominarlo requiere desarrollar la creatividad, de modo de poder modificarlo y potenciarlo en provecho propio.

**Apropiabilidad.** Carácter de una tecnología que permite el uso exclusivo del conjunto de conocimientos que la constituyen, sea porque fueron desarrollados endógenamente a la empresa, a un grupo de empresas o en conjunto entre entidades y empresas, o porque están jurídicamente protegidos a través de derechos de propiedad intelectual (patentes, obtenciones vegetales, derechos de autor) o por el secreto.

**Ciencia y tecnología (C+T).** Actividades sistemáticas relacionadas directa y específicamente con el desarrollo científico y tecnológico que contienen elementos de ciencias básicas en mayor proporción que las actividades de I+D.

**Conocimientos codificados.** Conocimientos expresables en códigos mediante una estructura racional, que normalmente requieren la participación de técnicos y científicos para su desarrollo y formulación codificada.

**Conocimientos incorporados.** Conocimientos que están incluidos en bienes y servicios adquiridos (bienes de capital, servicios de consultoría o asesoramiento de expertos, patentes u otros derechos de propiedad intelectual).

**Conocimientos tácitos.** Conocimientos adquiridos en el marco de una firma y no expresados formalmente. Los conocimientos tácitos no son expresables fuera del contexto del proceso productivo dentro del cual fueron generados.

**Economía intensiva en conocimientos (EIC).** Economía en la que la aplicación del conocimiento es un elemento dinámico sustantivo.

**Externalidad.** Toda forma de interdependencia directa entre los miembros de un sistema económico, que no opera a través del mercado o no está enteramente mediada por los precios.

**Externalidades tecnológicas.** Son no pecuniarias, pues pretenden capturar el hecho de que el conocimiento producido por un agente beneficia a otros agentes sin compensación financiera ni de ningún otro tipo. Con esta clase de derrames, una parte del conocimiento producido forma parte de un activo colectivo para grupos de agentes en un país/región y los subsiguientes innovadores pueden construir sobre este conocimiento colectivo.

**Innovación tecnológica.** Proceso de incorporación de nuevos o mejores productos y servicios, nuevas o mejores formas de organizar el trabajo en la producción, en la organización de la firma o en la comercialización. El resultado de ese proceso, la innovación tecnológica, puede ser novedoso u original para la empresa, el mercado local o el internacional.

**Innovaciones incrementales.** Pequeñas innovaciones que se van incorporando a un proceso económico sin alterar el modelo general de la producción a escala de una firma.

**Innovaciones radicales.** Innovaciones que impactan los procesos de la empresa de tal modo que la totalidad del sistema productivo resulta sustituida por uno nuevo.

**Investigación y desarrollo (I+D).** Actividades de investigación y desarrollo que se efectúan en relación con el proceso productivo de una empresa, de una rama de actividad, de una cadena de valor o de un territorio.

**Paradigma tecnológico.** Es un modelo para definir los problemas relevantes en materia de investigación tecnológica. Define un cierto potencial de desarrollo tecnológico a partir del cual existen varias posibilidades de investigación, de desarrollos y de realizaciones.

**Paradigma tecnoeconómico.** Se define como un modelo guía, un tipo ideal de organización productiva, que demarca el contorno de combinaciones más eficientes durante un período dado y sirve, en consecuencia, como norma implícita, orientadora de las decisiones de inversión y de innovación tecnológica, tanto incremental como radical.

**Proceso de innovación endógeno.** Es el desarrollo simultáneo de proveedores y usuarios de conocimiento tecnológico, cuya interacción continua y articulada determina un estímulo a la actividad innovadora y origina una suerte de círculo virtuoso para el cambio tecnológico.

**Progreso técnico.** Introducción de nuevos conocimientos en la producción de bienes y servicios. Existen tres perspectivas desde las cuales el progreso técnico es endógeno: endógeno a las empresas que llevan a cabo la producción, endógeno a las empresas y entidades que realizan I+D, y endógeno a las entidades que realizan actividades de C+T.

**Redes de conocimientos.** Es un caso especial de organización económica que, conformada por recursos (humanos, materiales, inmateriales), se caracteriza por la presencia de un gran número de terminales ubicadas en localizaciones distantes e interconectadas. Se trata de instituciones cooperativas diseñadas para aumentar la apropiabilidad de los beneficios de la innovación tecnológica y reducir el carácter de bien público del conocimiento. Pueden estar conformadas por agentes de:

- *un territorio (clusters y sistemas locales de innovación),*
- *un sector productivo (SSIP y tramas productivas),*
- *las diferentes fases de un mismo proceso productivo (cadenas de valor).*

**Sistema.** Conjunto de elementos que interactúan de modo que el conjunto tiene propiedades diferentes de las de sus componentes, y el cambio en uno de los elementos puede provocar cambios en otros y con ello en el conjunto íntegro. Estas características de un sistema son especialmente relevantes para de-

finir el SNI; en particular, su potencial innovador dependerá del grado en que los agentes participantes se vinculan y se potencian, y se debilitará cuando éstos son independientes.

**Sistema nacional de innovación (SNI).** Sistema de empresas, entidades y normas de comportamiento de una sociedad que determinan el ritmo de importación, generación, adaptación y difusión de conocimientos tecnológicos en todos los sectores productores de bienes y servicios.

**Sistema sectorial de innovación y producción (SSIP).** Se compone de un conjunto de nuevos productos y servicios –ya «establecidos» en el mercado– con usos específicos, y de un conjunto de agentes –que interactúan a través de relaciones de compraventa y otras que no pasan por el mercado– para la generación, producción y venta de esos productos. Un sistema sectorial se caracteriza por tener una determinada base de conocimientos, tecnologías e insumos específicos, y una demanda emergente y potencial.

**Tecnología.** Conjunto de conocimientos eficientes y eficaces.

**Tecnologías de la información y comunicaciones (TIC).** Tecnologías asociadas a la informática, la electrónica y las comunicaciones, que se manifiestan en una capacidad de organización, procesamiento y transmisión de datos en volúmenes, a velocidades y con una cobertura nunca antes conocidas.

**Trayectoria tecnológica.** Está constituida por una serie orientada y acumulativa de innovaciones sucesivas. Las condiciones económicas en las cuales estas trayectorias tienen lugar favorecen un proceso de selección de las innovaciones, de tal modo que entre varias líneas de desarrollo y de acumulación posibles, abiertas por ciertas innovaciones mayores, sólo algunas líneas determinadas se afirman de manera acumulativa.

**Ventanas de oportunidades.** Áreas del conocimiento o de actividad económica para las cuales algunos países de menor desarrollo relativo tienen la oportunidad de concretar desarrollos propios.

## II. LA CAPACIDAD INNOVADORA EN URUGUAY: SITUACIÓN ACTUAL

### Introducción

El objetivo central de este capítulo es analizar la problemática tecnológica en Uruguay. Se sabe que el desarrollo de largo plazo de la economía uruguaya ha mostrado problemas de tipo estructural, como lo son sus bajos niveles de inversión y su especialización productiva en actividades de bajo valor agregado. Dichos factores, entre otros, se asocian, en el plano internacional, con un rezago creciente de las tasas de crecimiento de la economía del país respecto a las de las economías más dinámicas. En el plano interno, esos factores contribuyen a explicar la insuficiencia en la generación de empleo. Las consideraciones anteriores apuntan a resaltar las dificultades que ha tenido Uruguay para llevar adelante una estrategia de desarrollo económico impulsada por la innovación tecnológica.

Para alcanzar el objetivo mencionado, en el primer apartado se examina la posición de Uruguay respecto a otros países de la región y el mundo mediante algunos indicadores corrientemente empleados para comparar las naciones en materia de progreso técnico. En el segundo apartado se analizan las dificultades de Uruguay para emprender un proceso de innovación endógena, en el marco conceptual presentado en el capítulo anterior. Se estudian en particular las capacidades de generación interna de conocimientos científicos y tecnológicos. También se analizan las situaciones del cambio tecnológico en dos sectores productivos: la agropecuaria y la industria. El apartado concluye con una referencia al patrón tecnológico del comercio internacional del país en los últimos 25 años. En el tercer apartado se presenta una síntesis

de los diagnósticos realizados y se plantea una particular mirada de las perspectivas de futuro en el tema analizado.

### 1. ¿Cómo se posiciona internacionalmente Uruguay en materia de progreso técnico?

Para realizar la comparación internacional del progreso técnico de Uruguay se eligieron tres indicadores: la inversión en I+D, el índice de adelanto tecnológico (IAT) y la contribución de la productividad total de factores (PTF) al crecimiento del producto bruto interno (PBI).

De acuerdo con el enfoque adoptado en este informe y presentado en el capítulo anterior, los tres indicadores plantean limitaciones para captar el progreso técnico. En contrapartida, y dado que son indicadores ampliamente difundidos, poseen la ventaja de permitir las comparaciones con otros países y la observación de sus evoluciones.

La inversión en I+D es una medida de los recursos que una país destina para generar conocimiento científico y tecnológico. Tiene una limitación importante debido a que sólo toma en cuenta la I+D que genera un gasto explícito y formal, por lo que desconoce otras formas de generación de conocimiento.<sup>1</sup> El problema de esta medida para Uruguay es que es todavía muy poco fiable, debido a que no se logra captar toda la inversión en este rubro realizada por el sector público, y menos aún la del sector privado.

El IAT, desarrollado por el PNUD, intenta captar los logros que importan para el progreso técnico de un país desde el punto de

1 Tras el trabajo pionero de Hollander en 1965 sobre Du Pont, numerosos estudios han mostrado cómo las mejoras incrementales en el funcionamiento de las plantas, introducidas por ingenieros u operadores directos, aumentan significativamente la productividad. Por otro lado, autores como Katz (1974, 1987) o Lall (1987) resaltan la importancia de las actividades innovadoras e inventivas «menores» en el desarrollo tecnológico de los países subdesarrollados.

vista de la incorporación de conocimientos en bienes y personas y los protegidos a través de patentes. La limitación de este indicador es que no tiene en cuenta otros aspectos del progreso técnico «no incorporados» o no codificados, más difíciles de medir pero igualmente importantes. La ventaja del IAT es que puede calcularse para casi todos los países del mundo y se pueden establecer grupos de países en función de sus diversas posiciones relativas.

La contribución de la PTF al crecimiento pretende ser un indicador del impacto del progreso técnico sobre la tasa de crecimiento del PBI. Su cálculo implica aceptar que la economía puede ser representada a través de una función de producción agregada, cuyos principales componentes son capital físico, trabajo y capital humano. La metodología de cálculo identifica la contribución de esos factores, así como la del progreso técnico a la tasa de crecimiento del PBI. El cálculo de la contribución del progreso tecnológico al crecimiento a través de la PTF presenta serios reparos, ya que refleja una multiplicidad de factores además de éste, y, al no develar los factores que están por detrás de la PTF, no contribuye mayormente a abrir la *caja negra* del cambio tecnológico. Pese a ello, este indicador es utilizado corrientemente en los trabajos económicos sobre las fuentes de crecimiento de las economías, razón por la cual se decidió también incorporarlo en este estudio.

### La inversión en investigación y desarrollo experimental

Según los datos publicados por la Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología (RICYT), Uruguay ha invertido en I+D cifras inferiores al 0,3% de su producto interno bruto (PBI) durante la década de los noventa (cuadro 1).

En los primeros cuatro años de la década de los noventa se destinó un promedio anual de 0,15% del PBI a la inversión en I+D. Entre 1994-1997, período en que se ejecutó el Programa de Desarrollo de Ciencia y Tecnología (PDCT) –cofinanciado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el gobierno nacional–, se invirtió 0,29% del PBI. A partir del año 1999, la crisis económica afectó negativamente a los diferentes proyectos de investigación y grupos de investigadores, lo que se constata en la reducción de la inversión en I+D en el último período analizado.

Uruguay se ubica entre los países que destinan menores recursos a la I+D en su globalidad, tanto si se lo compara con los países más desarrollados como con los de la región. En el gráfico 1 se observa que la inversión en I+D con relación al PBI de Uruguay está en el *centro* de la telaraña,<sup>2</sup> seguida por la de Argentina,<sup>3</sup> ambas encerradas por el círculo de la de América Latina y el Caribe. Por su parte, la inversión en I+D/PBI de Brasil es comparable a la de España, muy lejos del promedio mundial y más aún del de Estados Unidos.

La I+D del sector público –incluye la Administración Central, los organismos estatales y paraestatales, la Universidad de la República (Udelar) y las intendencias municipales– representa alrededor de 65% de la inversión en I+D total.<sup>4</sup> Ello no distingue a Uruguay del resto de los países de América Latina, en los que también existe una baja participación del sector privado en este tipo de inversión.

### El índice de adelanto tecnológico

El PNUD construye el IAT, el cual se centra en cuatro dimensiones de la capacidad tecnológica: creación de tecnología, difusión de in-

2 No existe dato para el 2001.

3 Los valores en el eje de los montos brasileños y argentinos representan años en los que no hubo información.

4 Este cálculo se ha realizado en función de diversas fuentes de datos (RICYT, Contaduría General de la Nación y Dirección Nacional de Ciencia y Tecnología) para años salteados entre 1986 y 2002 (Bértola et al., 2004).

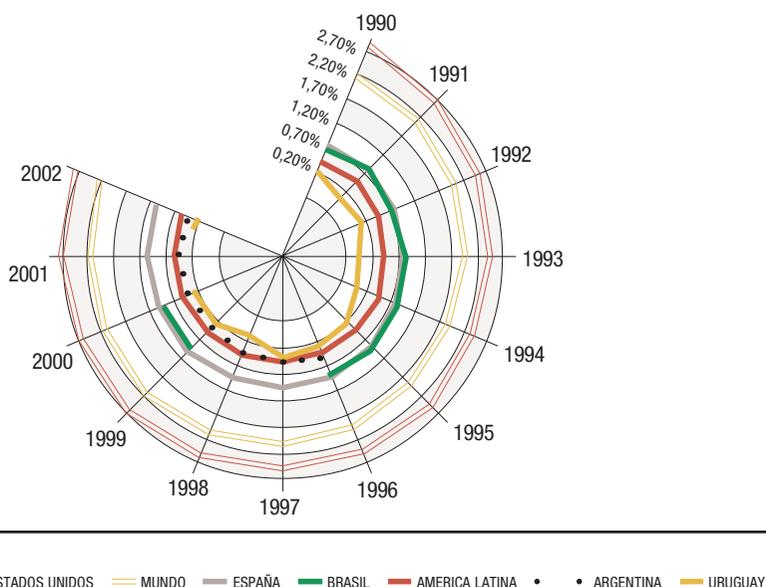
Cuadro 1

Uruguay, inversión en I+D en millones de dólares y porcentaje del PBI (promedio anual)			
	1990-1993	1994-1997	1999-2000
Gasto I+D	16,7	52,8	50,1
I+D/PBI	0,15%	0,29%	0,24%

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de RICYT

Gráfica 1

Inversión en I+D/PBI por países. 1990-2002



novaciones recientes, difusión de viejas innovaciones y conocimientos especializados. Como se señala en el *Informe mundial de desarrollo humano* del año 2001:

*Este índice compuesto mide los logros, no las posibilidades, los esfuerzos o las contribuciones. No es un índice para precisar qué país está a la cabeza del desarrollo de la tecnología en el mundo, sino precisamente para determinar en qué medida participa el país en su conjunto en la creación y uso de la tecnología.*

Las cuatro dimensiones del índice se definen de la siguiente manera:

1. Creación de tecnología. Se utilizan dos indicadores: el número de patentes concedidas per cápita y el ingreso percibido del extranjero por concepto de regalías y derechos de licencia.
2. Difusión de innovaciones recientes. Se mide a partir de la difusión de Internet y las exportaciones de productos de alta y media tecnología como proporción del total de exportaciones.

3. Difusión de antiguas innovaciones. Se mide mediante dos indicadores: número de teléfonos y consumo de electricidad.
4. Conocimientos especializados. Se emplean dos indicadores que revelan las condiciones que se requieren para crear y absorber las innovaciones: el promedio de años de enseñanza y la tasa bruta de escolarización de estudiantes terciarios matriculados en estudios de ciencias, matemáticas e ingeniería.

El ordenamiento de los 72 países de la muestra que surge de los valores del IAT<sup>5</sup> lleva al PNUD a plantear la siguiente clasificación de países.

En primer lugar, se encuentran los países llamados *líderes*, los cuales tienen un IAT superior a 0,5; dentro de este grupo se ubica la «vanguardia tecnológica», que es capaz de sustentarse por sí misma. En segundo lugar se ubican los *líderes potenciales* (IAT de 0,35 a 0,49); estos países han invertido en altos niveles de conocimientos especializados y han divulgado ampliamente viejas tecnologías, pero realizan pocas innovaciones. Por su par-

5 En el cálculo del IAT todas las dimensiones tienen el mismo peso, como también los indicadores que conforman las dimensiones.

te, los *seguidores dinámicos* (IAT de 0,2 a 0,34) son países en desarrollo que poseen conocimientos especializados superiores a los del grupo más rezagado. Finalmente, los *países marginados* (con un IAT menor de 0,2) muestran un bajo nivel de difusión de tecnología y creación de conocimientos especializados.

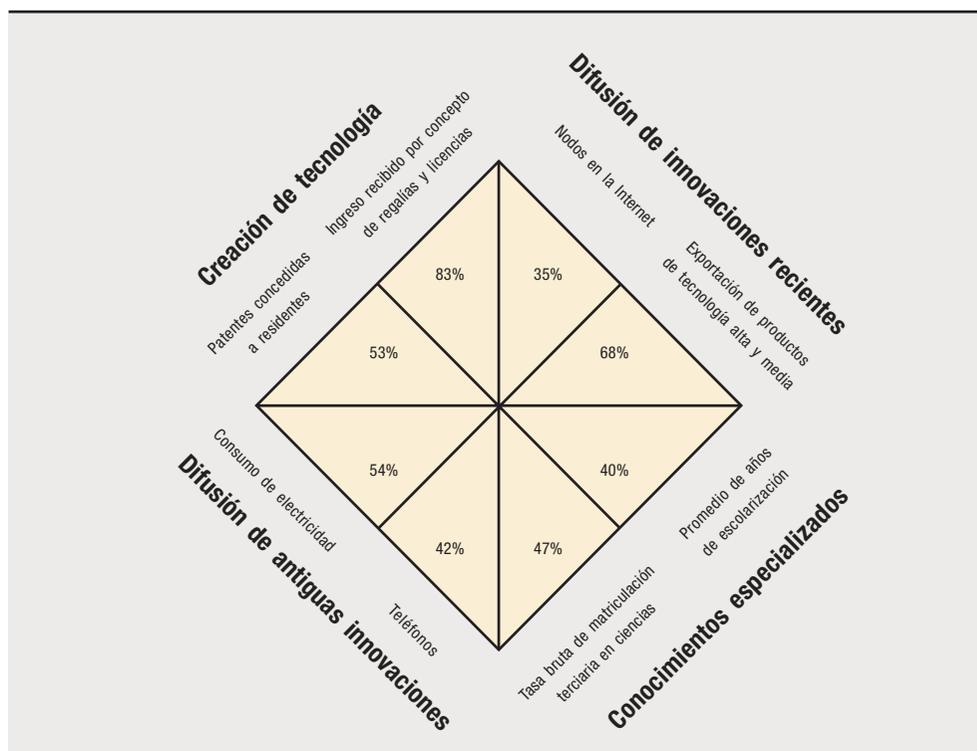
El IAT de Uruguay toma el valor de 0,343, lo que le permite ubicarse en el lugar 38 en la muestra de 72 países. Ese valor determina que Uruguay aparezca como el país líder entre los clasificados como seguidores dinámicos. Como se observa en el Diamante del IAT en Uruguay (gráfica 2), su calificación favorable dentro de este grupo se debe fundamentalmente a que posee *conocimientos especializados* relativamente elevados. En cuanto a la *difusión de antiguas innovaciones* (telefonía y electricidad), su posición es superior a la de algunos países clasificados como líderes potenciales (por ejemplo, México). En am-

bos casos Uruguay se sitúa aproximadamente dentro de la primera mitad de países con mejor posicionamiento en estas áreas. Por su parte, respecto a la *difusión de innovaciones recientes*, así como a la *creación de tecnología*, la posición del país es bastante desfavorable: se ubica dentro de la segunda mitad, entre los más rezagados. No obstante, presenta un indicador ampliamente favorable en relación con la difusión de Internet (se encuentra entre el 35% de países con mayor cantidad de nodos en Internet), el cual se ve opacado por el pobre desempeño en términos de exportaciones de productos de alta y media tecnología.

En suma, Uruguay presenta disparidad en las diversas dimensiones que analiza el IAT. Si bien se ubica en una buena posición en cuanto a la formación de su población y a la difusión de innovaciones de paradigmas tecnológicos maduros, está muy rezagado en lo que respecta a su capacidad para exportar pro-

Gráfica 2

Diamante del índice de adelanto tecnológico en Uruguay. Año 1999 <sup>6</sup>



6 El posicionamiento de Uruguay dentro de la muestra total de países se expresa en porcentaje, para facilitar la comparación entre dimensiones, ya que la muestra en algunos casos es menor de 72, al no existir datos de esos indicadores para algunos países. Cuanto más bajo es el porcentaje, mejor es el posicionamiento relativo.

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Informe mundial de desarrollo humano (2001)

ductos intensivos en conocimiento, patentar sus invenciones o percibir ingresos por la explotación de éstas en el extranjero.

### La contribución de la productividad total de factores al crecimiento del PBI

La PTF, calculada a través del *residuo* de Solow, es vista como una aproximación macroeconómica del impacto del progreso tecnológico sobre el crecimiento. O, más precisamente, una aproximación del impacto del progreso tecnológico *no incorporado* en los factores productivos *capital físico* y *humano* sobre el crecimiento de las economías. En efecto, si se logra perfeccionar la medición de la PTF a través del mejoramiento de las medidas de los factores productivos, a fin de que reflejen la mayor «calidad» de los bienes de capital (por ejemplo, una máquina que tiene incorporados nuevos dispositivos electrónicos)<sup>7</sup> o del trabajo (por ejemplo, una persona con más años de educación), entonces la PTF reflejará más precisamente el impacto del cambio tecnológico *no incorporado* (por ejemplo, la I+D, la reorganización de la planta o de la

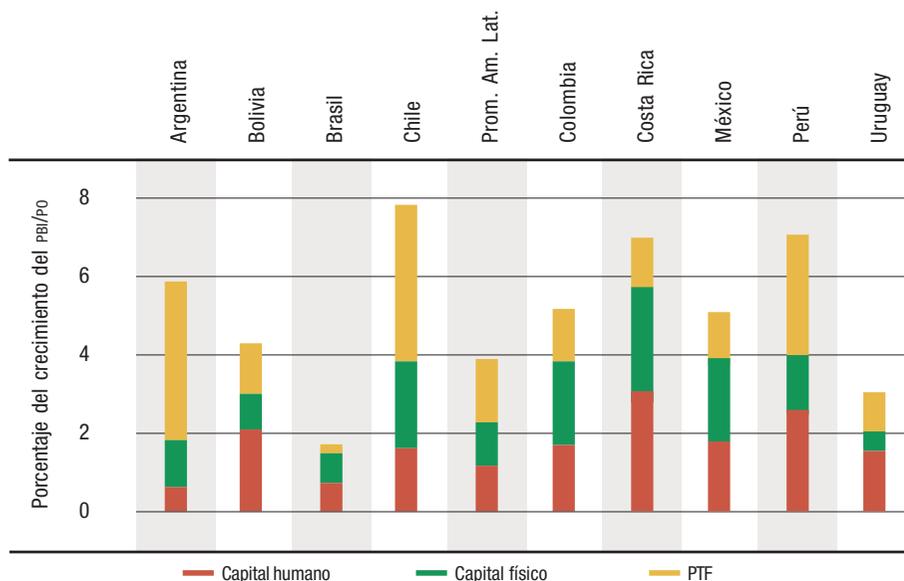
empresa, la incorporación de una patente o licencia, la adopción de un nuevo procedimiento productivo, etc.) sobre el crecimiento; o sea, los cambios tecnológicos que no han sido incorporados en el mejoramiento de los factores de producción.

El instrumento comúnmente utilizado para medir y analizar la PTF es la *contabilidad del crecimiento*, la cual asume los supuestos convencionales del enfoque neoclásico de la función de producción.<sup>8</sup>

Para este informe, se estimó la contribución de los factores productivos y de la PTF al crecimiento de Uruguay,<sup>9</sup> y los resultados se compararon —para la década de los años noventa— con los de otros países de América Latina y el Caribe que aparecen en Hofman (2000).<sup>10</sup> Se observa (gráfica 3 y cuadro 2) que tres de los cuatro países que más han crecido (Chile, Argentina y Perú) son aquellos en los que tuvo mayor incidencia la PTF.<sup>11</sup> La situación de Uruguay se asemeja a la de Bolivia, en la cual el capital humano incide notoriamente más que el resto de las fuentes en la tasa de crecimiento del PBI, y la PTF es el segundo factor en importancia.

Gráfica 3

#### Contribución de las fuentes primarias al crecimiento 1990-1999 en América Latina



Fuente: Elaboración propia para Uruguay y Hofman (2000) para los otros países.

7 El ajuste se realiza principalmente al tratamiento diferencial de los bienes de capital físico según las generaciones a las que pertenecen. Si éste no se realizara, la innovación contenida en las sucesivas generaciones de capital físico se vería reflejada en el residuo, es decir, la PTF.

8 La existencia de una función de producción agregada con rendimientos constantes de escala, mercados de productos y factores en competencia perfecta y un comportamiento maximizador del empresario.

9 En el Anexo I de este capítulo figura el detalle conceptual y metodológico de dichas estimaciones.

10 Hofman incluye en su estudio a Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México y Perú. Debe tenerse presente que la contribución del capital físico en Uruguay podría estar subvaluada, dado que no se calcularon series refinadas de este factor (lo cual implicaría sobrevaluación de la PTF), mientras que Hofman sí considera medidas refinadas del capital físico.

11 El cuarto país es Costa Rica, en el cual la incidencia del capital humano fue la mayor fuente de crecimiento, seguida por la del capital físico.

En comparación con los países latinoamericanos estudiados, Uruguay es de los que menos crecieron en los años noventa. En cuanto a la contribución del progreso técnico al crecimiento, se encuentra en una posición intermedia en ese período. El rasgo que distingue a Uruguay del resto de los países considerados es la contribución predominante del capital humano al crecimiento.

En suma, la conclusión que surge de los tres indicadores globales analizados (inversión en I+D, IAT y PTF) es que Uruguay se encuentra en una posición internacional relativamente desfavorable en materia de progreso técnico. En efecto, la inversión en I+D es menor que en países de la región y notablemente inferior a la del promedio mundial. Si bien Uruguay tiene una buena posición en cuanto a la formación de su población y a la difusión de innovaciones de paradigmas tecnológicos maduros, se encuentra rezagado en lo que respecta a su capacidad para exportar productos intensivos en conocimiento, patentar sus invenciones o percibir ingresos por su explotación en el extranjero, respecto de una muestra de 72 naciones. Finalmente, el impacto de la PTF sobre la economía durante el período de crecimiento de los noventa no

fue muy importante si se lo compara con otras naciones latinoamericanas que crecieron muy fuertemente durante ese período.

## 2. Las dificultades de Uruguay para emprender un proceso de innovación endógena

En 1988, Argenti, Filgueira y Sutz destacaban los siguientes problemas vinculados a la ciencia, tecnología e innovación en Uruguay. A partir del relevamiento de las capacidades científicas y tecnológicas del país se daba cuenta de una magra *performance* global. Cerca del 30% de los investigadores nacionales declaraba no haber publicado en los últimos cinco años, y entre los que sí lo habían hecho las publicaciones eran escasas y en su mayor parte en revistas nacionales. Por su parte, en la industria se observaba, sobre la base de una encuesta realizada en 1987, un mediocre comportamiento tecnológico general y una marcada desigualdad entre los estratos de tamaño de establecimientos industriales, tanto en capacidades internas como en la intensidad del recurso a la oferta tecnológica. Finalmente, para el sector agropecua-

Cuadro 2

Contribución de las fuentes primarias al crecimiento en América Latina (1990-1999)							
PAÍSES	CRECIMIENTO PBI/PO**	EN % DEL PBI/PO			EN CONTRIBUCIÓN AL CRECIMIENTO		
		CAPITAL HUMANO	CAPITAL FÍSICO	PTF	CAPITAL HUMANO	CAPITAL FÍSICO	PTF
Argentina	5,8	9	23	68	0,5	1,3	3,9
Bolivia	4,3	49	23	28	2,1	1,0	1,2
Brasil	1,8	47	45	8	0,8	0,8	0,1
Chile	7,7	21	29	51	1,6	2,2	3,9
<b>Prom. A. Latina*</b>	3,9	30	31	39	1,2	1,2	1,5
Colombia	5,1	27	43	29	1,4	2,2	1,5
Costa Rica	6,5	44	38	18	2,9	2,5	1,2
México	5,5	35	42	22	1,9	2,3	1,2
Perú	6,5	37	20	42	2,4	1,3	2,7
Uruguay	3,1	49	16	34	1,5	0,5	1,1

\* No incluye Uruguay

\*\* PO: Personal ocupado

Fuente: Elaboración propia para Uruguay y Hofman (2000) para los otros países.

rio se realizó una encuesta que cubrió la oferta de conocimientos y su articulación con los usuarios. De allí se constataba que la mayor parte de la investigación agropecuaria se realizaba en las entidades públicas y la UdelaR, y resaltaba el grado de difusión de los resultados alcanzados por esas investigaciones, claramente superior al del sistema científico-técnico nacional en su conjunto.

Frente a ese diagnóstico tan negativo se entiende por qué el Estado implementó, a fines de la década de los ochenta, un conjunto de políticas en materia de *ciencia, tecnología e innovación* (CTI). En un primer momento estas políticas se orientaron a fortalecer la oferta de conocimientos, y buscaron incrementar las capacidades científicas y tecnológicas a través de inversiones en infraestructura, capacitación de recursos humanos y asignación de fondos dirigidos al financiamiento de proyectos de I+D en temas considerados prioritarios.

A partir de mediados de los años noventa, las políticas de CTI comenzaron a reorientarse para otorgar mayor prioridad al diseño y la utilización de instrumentos de fomento de la demanda de conocimientos, de apoyo a la transferencia de conocimientos tecnológicos al sector productivo y de articulación entre los agentes que componen el SNI. Es decir, políticas que en principio promueven el desarrollo de procesos de innovación endógena.

Sin embargo, pese a estos diferentes esfuerzos de política, diversos informes resaltan que Uruguay aún no tiene una política de CTI coherente, ordenada y enmarcada en un plan estratégico de mediano y largo plazo. La afirmación se justifica en que no se percibe un conjunto articulado de instituciones, mecanismos y acciones del Estado con un objetivo en común en esta materia (Macadar, 1994; Iturra et al., 1998; Procisur-BID 2002; Cientis, 2003; Bértola et al., 2004). Ante esta ausencia, las entidades abocadas a tales actividades son las que determinan las prioridades en materia de CTI, lo que da como resultado un conjunto de acciones descoordinadas y muchas veces redundantes.

En las siguientes secciones se indaga acerca de la capacidad para emprender procesos de

innovación endógena en las mismas áreas estudiadas por Argenti et al.: la científica y tecnológica, la agropecuaria y la industria. Se agrega, además, en este análisis, el estudio del patrón sectorial de comercio exterior del país. Es conveniente dejar constancia de que no se incluye el sector servicios porque se carece de información suficiente sobre él, lo que no impide destacar el avance en sectores como el turismo, el sector financiero o la informática.

### *La capacidad local de generación de conocimientos científicos y tecnológicos*

Como se expresó en el capítulo I, un SNI supone la existencia de un pensamiento científico y tecnológico independiente y con criterios propios de evaluación. Ello constituye una parte indispensable de los procesos de innovación endógena, que, si bien deben estar orientados a la solución de problemas específicos, han de retroalimentarse permanentemente de la creación y reflexión académica. Por ello, la existencia de una academia local de calidad se vuelve imprescindible para la conformación de un SNI. Un segundo requisito es la presencia de personas formadas con la capacidad para intervenir en los procesos de innovación. Finalmente, el compromiso de equipos de investigación en la solución de problemas concretos del sector productivo constituye un tercer aspecto del fortalecimiento de los vínculos entre la generación de conocimientos y su aplicación al sector productivo. Los puntos señalados se analizan para Uruguay en las siguientes subsecciones.<sup>12</sup>

#### *El desarrollo de las capacidades de ciencia y tecnología*

Desde la esfera gubernamental se llevaron adelante varios programas que tuvieron un gran impacto en la expansión de las capacidades científicas y tecnológicas del país. Los dos más significativos fueron el Programa para el Desarrollo de la Ciencia Básica (Pediciba) y el Programa para el Desarrollo de la Ciencia y Tecnología (PDCT), firmado entre el gobierno y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en 1991.

<sup>12</sup> En el Anexo II de este capítulo se amplía la información concerniente a las instituciones y programas mencionados en esta sección.

Asimismo, corresponde resaltar las principales instituciones que impulsan el desarrollo de capacidades de C+T. Ésta se desarrolla principalmente en la UdelaR, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE).

El IIBCE fue creado en 1927, forma parte del Ministerio de Educación y Cultura (MEC) y es responsable de conducir investigaciones científicas para obtener nuevos conocimientos en el campo de las ciencias biológicas y áreas afines. Cuenta con unas 120 personas, la mitad de ellas con cargos presupuestados, mientras que el resto incluye becarios de posgrados del Pedeciba, docentes de las Unidades Asociadas de la Facultad de Ciencias (UdelaR) e investigadores jóvenes financiados por proyectos de investigación. Se destaca en las áreas de biología molecular biotecnologías y neurociencias.

El INIA fue creado en 1989 como persona pública no estatal, tras un diagnóstico del sistema de investigación agropecuaria que recomendó la creación de una institución que concentrara las actividades repartidas entre varios organismos. Según la norma de creación, este Instituto fue el sucesor de las actividades de investigación que en el área agronómica desarrollaba el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). Actualmente se estima que emplea a la mitad de los investigadores dedicados a la I+D agropecuaria y dispone de 13 programas nacionales reunidos en cuatro áreas (Cultivos, Producción animal, Hortifructicultura y Forestal) y cinco estaciones experimentales.

La UdelaR, fundada a fines del siglo XIX, proporcionó a Uruguay los recursos huma-

nos capacitados para intervenir en los procesos de cambio tecnológico. Tan dilatada trayectoria hace de esta institución el centro de capacidades y funcionamientos vinculados al desarrollo de la ciencia pura y aplicada en el país. La UdelaR promueve la investigación científica y tecnológica a través de las actividades en cada una de las facultades y de un órgano creado específicamente con tal fin: la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC). Se estima que la UdelaR invierte aproximadamente el 18% de su presupuesto en las actividades de ciencia y tecnología (cuadro 3).<sup>13</sup>

Una manera de evaluar la cantidad y calidad de la investigación que se realiza es a través de indicadores bibliométricos.<sup>14</sup> El problema que presenta este tipo de evaluación es que existen pocas o incompletas bases de datos con la información adecuada. Los indicadores bibliométricos –elaborados a partir de la base de datos del Institute for Scientific Information (ISI)– deben interpretarse con suma cautela debido a los sesgos específicos que posee esta base: se favorece la inclusión de revistas que se publican en los países desarrollados y anglohablantes, lo cual suele situar en desventaja a los investigadores de los países subdesarrollados.

Pese a esas dificultades, la cantidad de publicaciones de investigadores residentes en Uruguay en las revistas incluidas en la base ISI presentó una evolución muy positiva entre los años 1981 y 2002, y alcanzó una tasa de crecimiento acumulativa anual (a.a.) de 6,1%. En forma paralela se registró un crecimiento significativo del índice de visibilidad de dichas publicaciones (citas recibidas); los trabajos son citados mayoritariamente por

13 La C+D universitaria se lleva a cabo principalmente por la UdelaR (incluye los recursos destinados a los institutos de investigación de las facultades y a la CSIC), pues en las universidades privadas ese tipo de actividades está aún poco desarrollado.

14 La bibliometría se ocupa de la medición de la producción científica a partir de bases de datos normalizadas de publicaciones especializadas, sobre cuyos registros se construyen indicadores de número de publicaciones, frecuencia de citas e impacto científico.

Cuadro 3

Inversión en ciencia y tecnología de la UdelaR (dólares corrientes para cada trienio)						
	CSIC	FACULTADES	TOTAL UDELAR C+T	PRESUPUESTO UDELAR	C+T/UDELAR	CSIC/C+T UDELAR
1995-1997	12.852.965	49.604.909	62.457.874	360.514.598	17,3%	20,6%
1998-2000	8.564.995	60.279.752	68.844.747	356.400.833	19,3%	12,4%
2001-2003	6.805.519	40.446.153	47.251.671	312.572.146	15,1%	14,4%

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de la UdelaR (Dirección General de Planeamiento) y Santos et al., 1998.

autores de Estados Unidos, de la Unión Europea y Canadá. La expansión acumulada de la investigación científica en el período 1981-2002 muestra concentración en algunas áreas. Las publicaciones del área *ciencias de la vida* son mayoritarias (36,6%), le siguen *agricultura, biología y ciencias ambientales* (17,8%) y *física, química y ciencias de la tierra* (17,5%). En el otro extremo se encuentran las áreas relacionadas con las *ciencias sociales y del comportamiento* (2,2%) y *artes y humanidades* (1,5%).<sup>15</sup>

En suma, comparado con el diagnóstico del documento de Argenti et al. en 1988, los indicadores bibliométricos muestran una muy buena evolución del trabajo de los investigadores residentes en el país. No obstante, pese que el número de publicaciones creció de forma sostenida entre 1994 y 2000, en los años 2001 y 2002 esa tendencia se revirtió, lo cual se relaciona con las dificultades crecientes para obtener el financiamiento destinado a desarrollar actividades de C+T. Recientemente, la comunidad científica ha denunciado la situación crítica por la que atraviesa la C+T en Uruguay, por la falta de financiamiento para los proyectos de investigación y formación de recursos humanos, la emigración de científicos jóvenes y la disolución o disminución de grupos de investigación. En este sentido, se puede inferir que la producción científica ha seguido decreciendo en los años posteriores al 2002.

#### Recursos humanos para la ciencia, tecnología e innovación

Con respecto a la formación de personas con capacidad para intervenir en los procesos de innovación, las siguientes referencias tomadas de Bértola et al. (2004) resultan por demás elocuentes:

*[...] Uruguay cuenta con un relativamente alto grado de universalización de la educación terciaria. En el año 2000 el 13% de la población mayor de 24 años superaba en al menos un año los años curriculares de estudio correspondientes a la enseñanza primaria y secundaria y, al considerar la cohorte de entre 18 y 24 años, el porcentaje de jóvenes en la educación terciaria es de 29,4%. No obstante, este grado de cobertura está sesgado hacia la formación en carreras liberales por sobre la forma-*

*ción de investigadores y profesionales vinculados a los procesos productivos. En la UdelaR, responsable de casi el 90% de la formación universitaria en el país, el porcentaje de egresados en carreras de investigación (básica y social), ingeniería y del área agropecuaria no supera la cuarta parte del total entre 1996 y 2000.*

Por otro lado:

*Las universidades privadas tienen un claro énfasis en la formación en nuevas profesiones empresariales (en particular relacionadas con la informática y la dirección de empresas) y pueden incidir en la orientación de la educación terciaria en el mediano y largo plazo. Si bien el crecimiento de estas universidades aún no alcanza a cubrir una proporción significativa de la matrícula global, ya muestra su relevancia en algunas carreras. Por ejemplo, en el año 2000 el 34% de los egresados de ingeniería provino de estas instituciones. En el caso más específico de las carreras de informática (ingenieros y analistas), de los 3.664 estudiantes que se graduaron entre 1990 y 2002, el 42,4% correspondió a la Universidad ORT, comparado con 43,6% de la UdelaR. El resto de los egresados pertenece a la UCUDAL (Universidad Católica del Uruguay Dámaso Antonio Larrañaga), el Instituto Universitario Autónomo del Sur y el Taller de Informática (ibídem).*

#### La vinculación directa entre la generación de conocimientos y su aplicación al sector productivo

La vinculación directa entre la generación de conocimientos y su aplicación al sector productivo es aún muy incipiente en Uruguay. Las razones de la falta de ligazón requieren investigación y reflexión, aunque al respecto pueden aventurarse diversas hipótesis; por ejemplo, la existencia de una mutua desconfianza entre los académicos y los empresarios, o la insuficiencia de políticas que promuevan correctamente esa vinculación. Ha de destacarse, sin embargo, la existencia de programas que fomentan dicho vínculo, principalmente desde la UdelaR (aunque aún no se conoce su verdadero impacto en la economía, pues no se ha realizado una evaluación de esta índole).

El programa de Vinculación con el Sector Productivo (VSP) de la CSIC busca promover la relación de la UdelaR con el sec-

<sup>15</sup> Véase el Anexo III para un análisis más profundo del Informe ISI para Uruguay.

tor productivo nacional mediante la realización de proyectos de I+D en todas las áreas del conocimiento. Se procura impulsar, además, la aplicación de las capacidades de investigación a la resolución de problemas científicos, tecnológicos y de gestión del sector productivo nacional.

Entre 1992 y 2002, la CSIC ha cofinanciado con diversas empresas, públicas y privadas 177 proyectos de investigación e innovación tecnológica. El VSP se ejecuta por medio de fondos concursables para propuestas de investigación. Hubo cinco llamados (entre 1992 y 2002) y son las disciplinas pertenecientes al área agraria las que más han recurrido a este programa. Esta relación se basa en las tradicionales tareas de asesoramiento y consultorías que se desarrollan a través de las estaciones experimentales. Le siguen las disciplinas del área tecnológica (dentro de esta área predominan los proyectos de la Facultad de Ingeniería) y el tercer lugar lo ocupan las áreas sociales.<sup>16</sup>

Otro mecanismo de vinculación que ha desarrollado la UdelaR con el sector productivo son los convenios celebrados con empresas del medio. Los primeros se firmaron en 1986, y la importancia adquirida por esta actividad determinó que en mayo de 1993 se elaborara una ordenanza para regularlos. Con respecto a la política de convenios de la UdelaR, el actual rector, Rafael Guarga, afirma lo siguiente:

*El carácter aproximadamente cíclico y creciente que presenta la evolución del número de convenios en cada año obedece a los períodos quinquenales de gobierno [universitario], que comprendieron los años 1985-1989, 1990-1994 y 1995-1999. El número de los convenios concretados fue, en cada período de 81, 174 y 213 respectivamente. El monto de dinero ingresado a la UdelaR, correspondiente al último quinquenio completo (1995-1999), fue de 12:157.999 US\$ (dólares americanos corrientes). Ello constituyó, en promedio anual, un 8% del presupuesto anual de gastos e inversiones de la UdelaR.<sup>17</sup>*

Últimamente, la UdelaR ha desarrollado nuevas modalidades de acción para incorporar mecanismos de vinculación con el sec-

tor productivo. El *Polo Tecnológico de Pando* (PTP) en química y biotecnología es parte de esa modalidad de vinculación. Su objetivo es compartir con la industria la capacidad de investigación de la UdelaR en forma de consorcios de riesgo y beneficio compartidos. Ya están en marcha consorcios con empresas de la industria láctea y farmacéutica. Por su lado, el Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería (InCo) y la industria nacional representada por la Cámara Uruguaya de Tecnologías de la Información (CUTI) se han propuesto desarrollar y gestionar en conjunto un Centro de Ensayos de Software (CES). También otras facultades han comenzado a aplicar nuevas modalidades de vinculación con el sector productivo; por ejemplo, la Facultad de Ciencias ha dado su respaldo al desarrollo de varias iniciativas empresariales o en general de valorización de la investigación.

Las universidades privadas poseen un perfil muy marcado de vinculación con el sector empresarial y se están desarrollando proyectos institucionales tendientes a profundizar esta área. Un emprendimiento que merece destacarse es la incubadora de proyectos de tecnologías de la información y las comunicaciones llevada adelante por la Universidad ORT y el LATU, denominada Ingenio y creada en el año 2002. Por último, por medio de la firma de un convenio entre la UdelaR, las universidades privadas, la CUTI y el PNUD se creó el *Centro Académico Industrial de Tecnologías de la Información* (CAITI).

En suma, de las tres subsecciones anteriores puede concluirse que existe en Uruguay una *masa crítica* de investigadores que genera conocimientos científicos y tecnológicos de excelencia, pero ésta atraviesa actualmente una situación comprometida debido a la falta o inconstancia del financiamiento para los proyectos de investigación y formación de recursos humanos, la emigración de científicos y la disolución o disminución de grupos de investigación. Por otra parte, el compromiso directo de equipos de investigación universitarios en la solución de problemas concretos del sector productivo es aún muy incipiente en el país. Un factor explicativo de dicha situación se vincula con el alcance y la calidad de las políticas que promueven dicha vinculación.

16 *Estadísticas Básicas, UdelaR, Catálogos 2000, 2001 y 2002.*

17 *Intervención en CIENTIS, octubre 2003.*

## El cambio tecnológico en el sector agropecuario

En la mayoría de los rubros relevantes que componen el producto agropecuario uruguayo, se verifica en el último cuarto de siglo, con mayor o menor intensidad, la introducción de cambios tecnológicos. La adopción de estos cambios ha estado vinculada a la escala de producción de los productores. En muchos casos los productores que no tuvieron capacidad para incorporar esas innovaciones (fenómenos particularmente notorios en la agricultura de secano, la lechería y la hortifructicultura) han sido expulsados. Esta sección resume las nuevas tendencias del cambio tecnológico en el sector agropecuario uruguayo, intentando vislumbrar las oportunidades de endogenización de las nuevas trayectorias tecnológicas.<sup>18</sup>

### Algunas especificidades de los procesos de innovación de las empresas agropecuarias

El cambio tecnológico agropecuario presenta varias características particulares propias de la actividad, no atribuibles a la especificidad de la estructura agropecuaria uruguaya. Esas características se ordenaron en tres grandes grupos:

En primer lugar, en la generación y adopción de innovaciones ha tenido gran importancia históricamente el sector público, a través del desarrollo de actividades de investigación, difusión y transferencia de tecnologías agropecuarias. Eso se explica en parte por la baja apropiabilidad privada de los frutos de las innovaciones. Se trata, en general, de innovaciones fácilmente «copiables» y, por lo tanto, no controlables por sus creadores una vez que se difunden.

Sin embargo, la incorporación de nuevos medios de producción y/o de nuevas formas de *hacer las cosas* por la unidad agropecuaria implica aprendizaje y modificación de la organización de la producción y, muchas veces, del propio producto, lo que necesariamente debe procesarse dentro de la empresa. Esto último reduce el grado de no apropiabilidad de las innovaciones así generadas, pues interviene en gran medida conocimientos tácitos, lo que las hace menos imitables por otros

agentes. Por otra parte, la articulación horizontal con otras empresas primarias y vertical con proveedores de insumos y compradores de materias primas comienzan a adquirir, lenta pero progresivamente, un papel más relevante en el desarrollo de los procesos de innovación agropecuarios. Esas nuevas formas de organización de la producción involucran activos con ciertas especificidades, que permiten el establecimiento de relaciones contractuales más o menos permanentes e imprimen a las innovaciones rasgos difíciles de imitar.

En segundo lugar, la fuerte articulación de las empresas agropecuarias está caracterizada por una marcada dependencia respecto de los proveedores de insumos y bienes de capital<sup>19</sup> y los compradores de sus productos. Ambos tipos de articulaciones hacen que la naturaleza del cambio técnico efectivamente desarrollado por las empresas agropecuarias se vea notablemente condicionada por las características que imponen los mercados de insumos y bienes de capital, por un lado, y en particular por las condiciones que se derivan de la cada vez más compleja e ineludible articulación con las fases industriales de las cadenas agroindustriales, por otro. Recientemente tiende a verificarse, además, un conjunto de exigencias para la exportación que destaca la relevancia de la cadena de valor agroindustrial como concepto y unidad de análisis, lo que se expresa tanto en la cuestión de la trazabilidad como en la de las condiciones para el acceso al mercado.

En tercer lugar, las empresas agropecuarias han de actuar en escenarios de alta inestabilidad en períodos relativamente breves. Ello se debe a que la mayor parte de la producción agropecuaria se realiza «a cielo abierto» y, adicionalmente, en mercados que a escala mundial se encuentran fuertemente distorsionados por la presencia de políticas proteccionistas. Esto hace que un factor clave para cualquier empresa, como es el manejo del riesgo, en el caso particular de las firmas agropecuarias se traduzca en un elemento que, ante la ausencia o debilidad de otros instrumentos (seguros, mercados a futuro, tecnologías de control de clima), impone niveles mínimos de diversificación productiva (opuesta

18 Esta sección está basada principalmente, pero no sólo, en el Anexo IV sobre cambio tecnológico del sector agropecuario elaborado por el Ing. Agr. Dr. Alfredo Picerno.

19 En términos de la *taxonomía de Pavitt modificada*, detallada en el recuadro 4 del presente capítulo, la innovación tecnológica en la agropecuaria se caracteriza por estar «dominada por los oferentes de tecnología».

a la eficiencia derivada de la especialización, aunque con potencial para la complementariedad de rubros), definiendo límites y características propios a los procesos de organización de la producción e innovación.

A esos factores genéricos han de agregarse otros que caracterizan las particularidades de los procesos de innovación agropecuarios uruguayos:

En primer lugar, una debilidad importante para el desarrollo de procesos de innovación es la escasa calificación de la mayor parte de los recursos humanos que participan de la producción (lo que incluye no sólo fuerza de trabajo sino también empresarios y gestores). En estos procesos predomina el adiestramiento, la capacitación no formal, junto con deficiencias en el sistema educativo formal.

En segundo lugar, existe una gran heterogeneidad de empresas agropecuarias. Se encuentran, en un extremo, unidades de producción de carácter marcadamente empresarial-capitalista y, en el otro, unidades de producción cuasirresidenciales o de autosubsistencia, pasando por una diversidad de otras formas de organización, entre las cuales predomina la empresa familiar. Ello determina que existan en muchos casos relaciones conflictivas entre las posibilidades de aplicación del paradigma tecnológico productivista<sup>20</sup> predominante y la dotación de recursos de las unidades de producción. Estas tensiones muchas veces se resuelven por la vía de la exclusión de productores, el aumento de las escalas de producción y la concentración de esta última y de la propiedad del suelo.

En tercer lugar, gran parte de los componentes que intervienen en el proceso de cambio técnico del sector agropecuario uruguayo son de origen importado. Dada la dotación de recursos del país, necesariamente el aprovisionamiento de ciertos insumos básicos de la producción ha tenido y seguirá teniendo su origen en el extranjero (fertilizantes fosfatados, combustibles y otros derivados del petróleo, etc.).<sup>21</sup>

En cuarto lugar, deben resaltarse, tal como ha sido documentado en diversas investigaciones, los siguientes aspectos comportamentales de los productores uruguayos: la escasa propensión a la innovación; la

alta resistencia al cambio; el excesivo individualismo; la escasa inclinación a la toma de riesgos; el bajo valor relativo asignado a la tecnología en general y a la gestión de la empresa en particular, como fuente de desarrollo de competitividad, frente al papel asignado a políticas tributarias, comerciales, de financiamiento, etc.

### Las innovaciones tecnológicas recientes de la agropecuaria uruguaya

El sistema nacional de innovación agropecuario (SNIA) uruguayo presenta un grado de desarrollo sustancialmente mayor que el resto de los sistemas de innovación sectoriales. Ello se explica por la importancia de las políticas de extensionismo y validación tecnológica que se han aplicado históricamente en el país, creando una configuración institucional especializada en CTI. Sin embargo, no puede decirse que exista una política tecnológica agropecuaria explícita y formalizada, ni tampoco una fuerte articulación entre las entidades dedicadas a la investigación agropecuaria.<sup>22</sup>

Sin ánimo de ser exhaustivos, las innovaciones tecnológicas recientes vinculadas a cambiar los procesos y/o productos son las siguientes: la difusión de las siembras asociadas; la incorporación de semillas transgénicas y nuevas formas de control de malezas; la siembra directa; la incorporación del riego; la introducción de prácticas de manejo de ganado; cambios de copas y variedades en cítricos y frutales; la incorporación de mejoramientos forrajeros en la ganadería de carnes y en la lechería; la tendencia al uso de maquinaria de mayor potencia, que independiza relativamente la realización de las tareas agrícolas de las condiciones climáticas; la generalización del ordeño mecánico; el uso de tanques de frío y la granelización del transporte en la lechería; el creciente uso del avión para aplicación de productos químicos y siembras agrícolas; altos niveles de uso de químicos en busca de mayor eficiencia y menores costos ambientales, y la incorporación de semillas de mayor productividad.<sup>23</sup>

Por otro lado, también se incorporaron innovaciones tecnológicas cuyo objetivo es el cambio de la organización de la produc-

20 Dicho paradigma está basado en la producción de *commodities* con el empleo de tecnologías convencionales.

21 A menos que se adopten políticas específicas que combatan esa tendencia, como sería el uso de la leña o del biodiesel en la agroindustria.

22 El Anexo II presenta un panorama de las políticas de CTI en el sector agropecuario.

## Recuadro 1

### *Una trayectoria emergente para la innovación tecnológica agropecuaria uruguaya: diferenciación de productos para asegurar calidad e inocuidad*

Distintas formas de organizar la integración horizontal y vertical en busca de determinados objetivos y formas de producción están mostrando posibilidades y alcances hasta hace poco no imaginados. Todas estas innovaciones buscan además incrementar la calidad del producto cárnico o la obtención de un mayor valor mediante la diferenciación de productos.

- a. El MGAP promueve desde el año 2000, a través del Proyecto de Desarrollo Ganadero (MGAP/BID), acciones tendientes a mejorar y fortalecer la integración la cadena de carne y lana. El componente II de este proyecto apuntó a promover nuevas modalidades de articulación entre dos o más eslabones de la cadena y hacia enero del 2004 ya se habían incorporado seis frigoríficos y cerca de ochocientos productores ganaderos.
- b. El caso de las alianzas entre el INIA, los frigoríficos PUL y Tacuarembó y productores ganaderos para obtener un producto diferenciado –la carne orgánica certificada– es otro ejemplo de producción basada en formas organizacionales innovadoras (contratos de producción y reparto de ganancias).
- c. El grupo Vaquería del Este es una asociación de 22 empresarios productores ganaderos que, sin perder su individualidad, se unen para producir carne de calidad y comercializarla en forma conjunta mediante mecanismos de asociación vertical, apuntando a identificarla con una marca y una certificación.
- d. El caso de Procarne (Proyecto Integración de la Cadena Cárnica CREA) se está ejecutando en el marco del componente II del Proyecto de Desarrollo Ganadero, con el patrocinio de la Federación Uruguaya de Grupos CREA (FUCREA). Participan 103 establecimientos ganaderos y tres frigoríficos (San Jacinto, PUL y Tacuarembó).
- e. A partir de la auditoría de calidad de la carne vacuna realizada en el 2003 por el Instituto Nacional de Carnes (INAC), el INIA y la Colorado State University, se determinaron los principales defectos y se estimaron las pérdidas por animal faenado.
- f. Además del programa de carne orgánica ya mencionado, el Programa de Carne Natural Certificada del Uruguay (PCNCU) del INAC surge como respuesta al incremento de las exigencias de seguridad alimentaria y bienestar animal. En el 2003, contaba con 90 productores que ocupaban 155.000 hectáreas distribuidas en el país.
- g. Otro producto diferenciado es la carne de ternera (bolita), el cual tiene un importante impacto social y comercial, ya que es una alternativa tecnológica validada para pequeños productores ganaderos de las zonas granjeras y de menores ingresos. Es el resultado de la investigación llevada a cabo por la Comisión Nacional de Fomento Rural (CNFR) y el INIA.
- h. Se desarrollan acciones en el campo de la inocuidad alimentaria: MGAP-FAO-INIA-Facultad de Agronomía. En conjunto con el INIA se implementó un sistema *on line* de seguimiento y de alerta para la correcta aplicación de fungicidas para el control del fusarium en trigo.
- i. En la línea de seguridad alimentaria se han registrado avances sustanciales en la implementación de esquemas de trazabilidad de productos animales (certificación de procesos), particularmente de carne vacuna y pollos. En el caso de la carne vacuna el MGAP ha implementado el Sistema Nacional de Información Ganadera (SNIG).
- j. Se han desarrollado e implementado sistemas de certificación de origen (como, por ejemplo, en vinos), de atributos de productos cárnicos, hortifrutícolas, etc. («ecológicos», «naturales»), por parte del MGAP, el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INAVI), INAC, INIA, etc.

Fuente: A. Picerno: «El cambio tecnológico en el sector agropecuario», anexo IV, capítulo II (véase CD adjunto).

ción, no exclusivamente dentro de los límites de la empresa, sino también articulándose con otras, a través de la integración horizontal y vertical. Entre otros aspectos, esto ha implicado mayores niveles de especialización productiva (con las consecuentes ganancias en eficiencia), lo que ha sido posible gracias al surgimiento de un conjunto de empresas prestadoras de servicios (fumigación aérea, siembra de mejoramientos forrajeros o realización de silos de contenido vegetal para alimentación de ganado). Esta nueva situación genera condiciones para que las ventajas derivadas de las economías de escala (responsables en gran medida de la divergencia de trayectorias entre empresas) sean menos importantes en el futuro. En efecto, si se consolida su presencia en el mercado, esos prestadores de servicios pueden convertirse en un nuevo tipo de actor, al que se podría denominar *articulador*, que facilita la conformación de redes empresariales asociadas al establecimiento de complementariedades productivas, permitiendo a los productores beneficiarse de ventajas equivalentes a las que obtendrían si hubiesen aumentando su escala de producción.

Otro tipo de innovación organizacional que se está desarrollando en el país es la que implica el establecimiento de alianzas más o menos permanentes para la solución de problemas productivos y tecnológicos concretos, con una amplia participación de diversos actores —públicos y privados— involucrados. Algunos ejemplos de esos nuevos estilos de articulación son la Mesa Tecnológica del Trigo, los proyectos de producción de carne orgánica y de lana merino superfina en los que interviene el INIA, el programa de producción integrada de GTZ-PREDEG y las mesas hortícolas.

Un tercer tipo de articulación que se ha ido implantando y profundizando en algunas cadenas agroindustriales en las últimas décadas es la organización de la producción e innovación bajo la forma de la cuasi integración vertical. Se constatan allí procesos de modernización agrícola en los que el dinamismo de la agroindustria exportadora ha promovido la transformación de las producciones agropecuarias. Así, aún como tendencia

emergente, se comprueba la existencia de desarrollos tecnológicos que apuntan a profundizar la integración de los complejos, ya sea en el área de la difusión de prácticas culturales como en la propiamente biológica.<sup>24</sup>

En suma, de lo resumido anteriormente sobre el cambio tecnológico reciente en el sector agropecuario uruguayo resaltan las nuevas oportunidades para un desarrollo más intenso de procesos de innovación endógenos. En efecto, si bien los paquetes tecnológicos incorporados en el sector agropecuario uruguayo tienen un fuerte componente importado, su carácter territorio-específico ha sido siempre un incentivo para llevar adelante procesos innovadores endógenos, fundamentalmente a través del aprendizaje dentro de la unidad de producción. Además, en los últimos años, se constata el desarrollo, aún incipiente, de articulaciones entre agentes —horizontal, con otras empresas primarias, y vertical, con proveedores de insumos y compradores de materias primas— que tienen posibilidades de aumentar la densidad del tejido productivo y con ello la endogenidad de la innovación.

### *El proceso de cambio tecnológico en la industria*<sup>25</sup>

Numerosas investigaciones sobre la capacidad de innovación de la economía uruguayana han indicado que el cambio tecnológico introducido mayormente por las empresas se concentra en el que viene incorporado en los bienes de capital, los cuales son mayoritariamente importados. Por ejemplo, Macadar (1994) afirma que las actividades de innovación realizadas por las empresas industriales uruguayas se han dado fundamentalmente por introducción de bienes de capital, sin que la generación y adaptación local de conocimiento tecnológico sean prácticas difundidas entre las firmas productoras de bienes manufacturados. Además, prácticamente todas esas maquinarias y equipos han sido importados, y quienes oficiaban como asesores de la selección son los propios proveedores de los bienes de capital. Todo ello se ve simplificado por las for-

23 La introducción de estas innovaciones generó trayectorias tecnológicas divergentes entre los productores agropecuarios, las que plantean el problema de cómo compatibilizar la mejora de competitividad con la inclusión social y productiva.

24 Si bien el país ha contado con experiencias exitosas de asociatividad —como los cítricos, la cebada, los lácteos, el arroz y algunas vinculadas a la horticultura—, éstas no han sido debidamente jerarquizadas. Además, ha sucedido en varios casos que el éxito en este tipo de experiencias ha concluido con la entrada más o menos violenta de firmas multinacionales que se apropian del éxito obtenido por los actores nacionales (caso de los cítricos y de la cebada).

25 Esta sección está basada en el Anexo V sobre el cambio tecnológico en la industria manufacturera a partir del análisis de la encuesta realizada por Dinacyt-INE.

midables facilidades de financiamiento otorgadas por los propios proveedores y por los créditos de diversos gobiernos y organismos multilaterales.<sup>26</sup>

En el trabajo de Argenti et al. ya mencionado (1988), se observaba el mediocre comportamiento tecnológico de la industria, diagnóstico que se sigue constatando diez años más tarde por otra investigación sobre el mismo tema:

*[...] los tomadores de decisiones dentro de las empresas industriales no son conscientes de la necesidad de una gestión de la Ciencia y tecnología, ni de su importancia con respecto a la competitividad, tanto en el corto como en el largo plazo. En particular, ello se evidencia en que en la mayoría de las empresas no existe una estructura que identifique o que destaque esta función. Por lo general, no existe un gerente que se especialice en I+D, ni se asigna explícitamente un presupuesto para el desarrollo de esa actividad (Domingo et al., 1998).*

Y añade:

*[...] parece evidente que la cultura, definida como el conjunto de comportamientos, creencias y sistema de valores de la empresa, no valora la inversión en Ciencia y tecnología como generadora de buenos negocios. La cultura más generalizada valora el logro de soluciones de mínima inversión que, en plazos reducidos, mantengan el sistema en funcionamiento (ibídem).*

Los resultados de una reciente encuesta realizada por la Dinacyt y el INE siguen planteando la misma problemática tecnológica de la industria: su baja capacidad de innovación. Esa encuesta fue realizada en dos fases, en los años 2000 y 2002, e indagó el comportamiento tecnológico de las empresas manufactureras entre 1998 y 2000.<sup>27</sup> Con los datos resultantes se investiga en las siguientes secciones sobre la capacidad de las empresas industriales para encarar procesos de innovación endógena.

#### La innovación de las empresas industriales en la comparación internacional

El primer resultado que surge con fuerza de la encuesta es que la mayor parte (67%) de

las empresas manufactureras no innovó en el período 1998-2000. El concepto de *innovación* utilizado en la encuesta consideró cuatro áreas y la naturaleza de sus resultados. Las innovaciones podían ser de producto, proceso, organización o comercialización, y los resultados, novedosos para la empresa, el mercado local o el internacional (recuadro 2).<sup>28</sup>

Las actividades de innovación incluyen aquí una amplia gama de actividades que exigen muy distintos tipos de esfuerzos, tanto presupuestarios como de ejercicio de capacidades. Dos tercios de las empresas manufactureras no realizaron ninguna de esas actividades durante el período de estudio, ni siquiera las menos complejas o costosas. Adicionalmente, si se restringe la definición de innovación y se consideran sólo las actividades destinadas a innovar en productos o procesos, que además tuvieron resultados novedosos para el mercado local o internacional, la proporción de empresas que no innovaron asciende a 83% (recuadro 2).

En la comparación internacional (recuadro 3), las empresas uruguayas se ubican muy por debajo de las argentinas. La proporción de empresas manufactureras que realizaron actividades de innovación –tanto en su sentido más amplio como en el más estricto– es el doble en Argentina que en Uruguay. A su vez, los países más desarrollados presentan valores del indicador de innovación –entendida en su sentido estricto– mejores que Brasil y Argentina, y mucho mejores que Uruguay.

#### Los factores asociados a la innovación tecnológica de la industria

Al constatar los resultados tan negativos en términos de conducta innovadora de las empresas de la manufactura uruguaya, se consideró pertinente indagar cuáles factores económicos podrían estar asociados con dicho comportamiento. Esa investigación se vio evidentemente limitada por las preguntas que se realizaron en la encuesta a las empresas que declararon no realizar ninguna actividad de innovación.

Una primera puntualización necesaria es que el período al que refiere la encuesta de Dinacyt-INE corresponde, en su mayor parte,

26 La misma visión se encuentra, entre otros, en los trabajos de Bértola (1991), Barbato (1986) y en el de Paolino et al. (2001).

27 La muestra teórica estuvo constituida por 762 empresas manufactureras de más de cinco empleados, y es coincidente con la muestra que realiza el INE para la Encuesta de Actividad Económica. El tamaño de la población total fue de 3605 empresas, la muestra final de 701 firmas, y la tasa de respuesta de 92%.

28 Esta definición de innovación es similar a la que se planteó en el Capítulo I.

a años de seria recesión económica. Por tanto, surge la pregunta de en qué medida las empresas no innovadoras entre 1998 y 2000 respondían con ese comportamiento a un entorno macroeconómico desfavorable de la

economía uruguaya. Puede suponerse que un empresario no iniciará actividades innovadoras si en su horizonte temporal no percibe perspectivas de mejora económica. Si la realización de actividades de innovación está

## Recuadro 2

### Actividades y resultados de la innovación manufacturera 1998-2000

#### Actividades de innovación

- I+D interna y externa
- Incorporación de bienes de capital, *hardware* y *software*
- Transferencia de tecnología y consultorías
- Diseño industrial y otros
- Gestión de la empresa
- Capacitación



#### Orientadas a:

- Innovación de producto
- Innovación de proceso
- Innovación de organización
- Innovación en comercialización



#### Cuyos resultados fueron novedosos para:

- la empresa
- el mercado local
- el mercado internacional



67%

de las empresas manufactureras uruguayas no realizó **ninguna** actividad de innovación en sentido amplio

83%

de las empresas manufactureras uruguayas no realizó **ninguna** actividad de innovación en sentido estricto

Fuente: Encuesta Dinacyt-INE

### Recuadro 3

#### *La innovación de las empresas industriales uruguayas en comparación con las de la región Mercosur y Europa*

En la comparación internacional, las empresas uruguayas se ubican muy por debajo de las argentinas. La proporción de empresas manufactureras que realizaron actividades de innovación –tanto en el sentido más amplio como en el más estricto– representa en Argentina el doble que en Uruguay. A su vez, los

países más desarrollados presentan mejores valores del indicador de innovación estricto que Brasil y Argentina, y mucho mejores que los de Uruguay. Finalmente, la proporción de empresas uruguayas con unidades formales de investigación y desarrollo es muy inferior a la de Argentina.

<b>Innovación en sentido amplio</b>	<b>Uruguay</b>	<b>Otros países</b>	
Proporción de empresas manufactureras que realizaron al menos una actividad de innovación (sin excluir ninguna orientación, ni exigir resultados novedosos)	33%	Argentina:	63,5%
<b>Innovación en sentido estricto</b>			
Proporción de empresas manufactureras que realizaron actividades de innovación, orientadas a la innovación en productos y procesos que son novedosos para el mercado nacional y/o internacional	17%	Argentina:	36,2%
		Brasil:	31,5%
		Francia:	55,2%
		Reino Unido:	47%
		Alemania:	62,5%
<b>Proporción de empresas con unidades formales de I+D</b>			
Empresas con unidades de I+D / Cantidad de empresas en la industria	2,9%	Argentina:	20,5%

Fuentes: Uruguay: Encuesta Dinacyt-INE; Argentina: Encuesta Nacional de Innovación y Conducta Tecnológica de las Empresas Argentinas 1998-2001; Francia: SESSI-CIS3; Reino Unido: Department of Trade and Industry; Alemania: ZEW; Brasil: IBGE.

correlacionada positivamente con la fase del ciclo que atraviesa la economía, es razonable suponer que, al corresponder el período de referencia de la información al inicio de una fase recesiva, la realización de actividades de innovación en la industria manufacturera uruguayá esté negativamente influida por este aspecto.<sup>29</sup>

Otros factores asociados con los diferentes comportamientos tecnológicos de las empresas comúnmente analizados en la economía de la innovación son: a) el tamaño de la firma; b) la pertenencia a un determinado sector de actividad; c) la participación de capital extran-

jero; d) el principal destino de las ventas, y e) la pertenencia a un grupo económico.

Importó, en primer lugar, saber si el tamaño de la firma «a secas» –sin considerar la pertenencia a un sector ni los diversos comportamientos tecnológicos de las firmas grandes y pequeñas– incidió o no en la realización de actividades de innovación. Se encontró que efectivamente las empresas grandes innovan más que las pequeñas, lo cual encuentra explicación en que los costos involucrados en estas actividades, así como la incertidumbre sobre su grado de éxito, tie-

<sup>29</sup> En la encuesta no se incluyeron preguntas relativas a este aspecto.

nen un mayor impacto sobre la estructura de las pequeñas empresas. Los resultados para la industria manufacturera uruguaya muestran que, en el período 1998-2000, el 23% de las empresas que ocupan más de 100 personas (grandes) no realizó actividades de innovación, pero la proporción se eleva a 77% en el caso de las firmas que ocupan menos de 20 personas (pequeñas).

Resulta de interés analizar el comportamiento innovador de las empresas manufactureras usando la *taxonomía de Pavitt modificada* (TPM),<sup>30</sup> que clasifica a las firmas de acuerdo con sus diversos comportamientos tecnológicos. Si se analizan los resultados en términos de esta clasificación, es posible observar que el grupo de sectores manufactureros basados en la ciencia tuvo un comportamiento claramente diferenciado del resto: en ese grupo el 76% de las empresas realizó actividades de innovación en el período de referencia. Cabe destacar, en el caso uruguayo, que la mayoría de las firmas de este grupo pertenece al sector farmacéutico. De las empresas proveedoras especializadas, el 48% declaró realizar alguna actividad de innovación, mientras que en los otros grupos (basados en recursos naturales, tradicionales e intensivos en escala de producción) la proporción de firmas que innovaron no llega a 30%.

La inversión extranjera directa es una vía de aporte tecnológico frecuentemente citada, entre otras razones porque las empresas transnacionales son agentes de mucho peso en la generación de tecnología a escala mundial. La realización de actividades de innovación dentro de la filial depende fuertemente de la estrategia tecnológica de la transnacional. Puede afirmarse, no obstante, que en general las actividades de mayor complejidad y costo se llevan a cabo en la casa matriz, y las filiales realizan las innovaciones de adaptación al mercado local. Se observa que 60% de las empresas con participación de capital extranjero han realizado alguna actividad de innovación, mientras que de las totalmente nacionales sólo 32% lo hicieron.

Otro factor asociado a la conducta tecnológica de una firma que puede analizarse a través de los datos de la encuesta es el principal

destino de las ventas. Es lógico suponer que las empresas cuyo principal mercado es el interno tendrán menor propensión a innovar que las que exportan al Mercosur y al resto del mundo. Eso mismo se comprueba a través de la encuesta: 66% de las empresas cuyo principal destino de las ventas es el interno no innovaron, contra 34 y 32% de las firmas que exportan al Mercosur o al resto del mundo, respectivamente.

Finalmente, la pertenencia a un grupo económico podría también ser una variable que afectara positivamente la conducta innovadora de las empresas. Según se desprende de la encuesta, la proporción de empresas que realizaron actividades de innovación es mayor entre las que pertenecen a un grupo económico que entre aquellas que no (54% contra 31%).

Tomando el conjunto de los factores mencionados en los párrafos anteriores, se elaboró para este informe un modelo de variable dependiente cualitativa (*logit*) y se estudió la asociación que tienen esos factores con los diferentes comportamientos tecnológicos de las empresas industriales uruguayas. Más específicamente, se intentó relacionar las características de la firma con la variable *realización de al menos una actividad de innovación*. La principal conclusión a la que se arriba es que las variables que tienen significación en la probabilidad de realizar actividades de innovación son las correspondientes al *tamaño de la firma* y a su *pertenencia sectorial*.<sup>31</sup> Cabe subrayar que ni la pertenencia a un grupo económico, ni la participación de capital extranjero, ni tampoco una orientación predominantemente exportadora inciden en la probabilidad de innovar cuando se controla por los demás factores incluidos en el modelo.

La incidencia del tamaño de la firma en la realización de actividades innovadoras, tal como se ha expresado, está relacionada con los costos involucrados en estas actividades y los riesgos asociados, lo cual determina que en las empresas más pequeñas se haga más difícil la realización de actividades de innovación. La probabilidad de innovar no difiere significativamente entre las empresas grandes, medianas-grandes y medianas-pequeñas, pero sí entre las pequeñas y el resto de las empresas manufactureras. Dicho resulta-

30 Véase el recuadro 4 en donde se detalla la *taxonomía de Pavitt modificada*.

31 El detalle del modelo estimado figura en el Anexo V.

do apunta a que parecería existir un umbral de tamaño que incide sobre las decisiones de las firmas en cuanto a realizar o no actividades innovadoras.

Con respecto a la pertenencia sectorial, la probabilidad de innovar resultó superior en el sector basado en la ciencia (básicamente la industria farmacéutica) que en el resto de los sectores. Ello indicaría una diferenciación significativa de este grupo respecto del resto, en cuanto a oportunidades tecnológicas, fuentes de tecnología, exigencias de los clientes y/o condiciones de apropiabilidad de los resultados de la innovación, que redundaría en una mayor probabilidad de realización de actividades de innovación.

#### La capacidad de innovación de las empresas: una tipología

Mediante un análisis estadístico de clúster se agrupó a las empresas que realizaron al menos una actividad de innovación en el período de referencia (33% de las firmas manufactureras), en función de los aspectos que componen su capacidad de innovar. Para ello se construyó un *indicador de capacidad de innovación (ICI)*.<sup>32</sup>

A partir del agrupamiento de las firmas manufactureras a través de las dimensiones del ICI, se identificaron tres grupos (véase el cuadro 4). El primero se denominó de *baja capacidad de innovación*, pues es el que presenta un valor del ICI por debajo del promedio del total de empresas. Los otros dos grupos tienen un ICI mayor que el promedio y se diferencian en que asignan una prioridad diferente a la innovación de producto y de proceso. El resultado más significativo es que 73% de las empresas seleccionadas pertenece a la agrupación de *baja capacidad de innovación* (grupo 1). A su vez, 23,5% de esas firmas tiene *capacidad de innovación alta y privilegia la obtención de resultados en producto* (grupo 2), mientras que solamente 3,4% corresponde a la agrupación denominada de *alta capacidad de innovación que prioriza resultados en proceso* (grupo 3).

El grupo de bajo ICI (grupo 1) se caracteriza por presentar un porcentaje de firmas que realizan actividades de I+D sustancialmente inferior al de los dos grupos restantes; sus actividades innovadoras tuvieron en pro-

medio un menor grado de aplicación a las diferentes áreas de la empresa, y en promedio mostraron menos articulaciones con otros agentes del SNI en el marco de sus actividades de innovación. En el otro extremo, el grupo 3, que aglomera tan solo al 3,4% de las firmas, es el que presenta el mayor valor del ICI, y se caracteriza no solamente por la elevada proporción de aquellas que realizan actividades de I+D (aspecto que comparte con el grupo 2), sino fundamentalmente por la mayor proporción media de profesionales dedicados a esas actividades, así como también por un grado de exclusividad de la dedicación significativamente mayor. Asimismo, la proporción de empresas que obtuvieron certificaciones de calidad es significativamente superior en este grupo. Finalmente, el grupo 2, que incluye al 23,5% de las firmas manufactureras que realizan al menos una actividad de innovación, puede catalogarse como de alta capacidad innovadora y prioriza los resultados de la innovación en los productos. Una diferencia fundamental de este grupo respecto al 3 es el porcentaje promedio de productos novedosos en las ventas de las empresas.

Si se analizan los grupos en términos de la composición por tamaño de las firmas, puede observarse una sobrerrepresentación de las pequeñas en el grupo de baja capacidad innovadora y una sobrerrepresentación de las medianas y grandes en el grupo 2. En tanto, en el grupo 3 están significativamente sobrerrepresentadas las grandes empresas y algo las medianas, mientras que el porcentaje de empresas pequeñas es sensiblemente bajo.

#### El carácter endógeno de las innovaciones realizadas

Retomando la clasificación de empresas anterior, se observa que la introducción de bienes de capital es importante en los tres grupos de firmas considerados (véase el cuadro 4). No obstante, sólo en el grupo 1 esta innovación tecnológica fue débilmente acompañada por la realización de actividades que implican un mayor grado de involucramiento en la generación o adaptación y gestión de conocimiento, tales como actividades de I+D, de capacitación y de ingeniería y dise-

32 Inspirado en el de Yoguel y Boscherini (1996a); se consideraron las siguientes variables: 1) la capacitación del personal; 2) el desarrollo de actividades de I+D; 3) el grado de exclusividad de los profesionales dedicados a actividades de I+D; 4) la utilización de capacidades profesionales y técnicas externas e internas a la empresa y la innovación en gestión; 5) la inversión en bienes de capital, *hardware* y *software*; 6) la obtención de certificaciones de calidad en producto y/o proceso; 7) las interacciones con otros agentes para desarrollar actividades innovadoras, y 8) el peso de los productos tecnológicamente nuevos o significativamente mejorados en la facturación del 2000.

ño industrial o de gestión. Este resultado permite suponer que las empresas de ICI bajo desarrollan pocos procesos de aprendizaje que hacen endógenos los conocimientos incorporados en los bienes de capital a los procesos productivos que llevan adelante. Así, desde la perspectiva de la empresa individual, el grupo más numeroso, de baja capacidad innovadora, no ha dedicado esfuerzos sustanciales a modificar el conocimiento que

adquiere a través de la compra de bienes de capital, para potenciarlo en provecho propio.

Desde una perspectiva hacia fuera de la empresa, cabe recordar que los vínculos entre los agentes del SNI de tipo bilateral son los que potencian el desarrollo de procesos de innovación endógena, denominados *redes de conocimientos*.

Las firmas de baja capacidad innovadora son las que entablan menores vínculos con

Cuadro 4

Agrupaciones de firmas que realizaron actividades de innovación				
	ICI BAJO	ICI ALTO QUE PRIORIZA LA INNOVACIÓN DE PRODUCTO	ICI ALTO QUE PRIORIZA LA INNOVACIÓN DE PROCESOS	TODOS LOS GRUPOS
<b>Valor del indicador de capacidad innovadora (ICI)</b>	93	123	138	100
Porcentaje de empresas dentro de cada grupo	73,2	23,5	3,4	100
<b>VARIABLES QUE COMPONEN EL ICI</b>				
Porcentaje de empresas que realizaron actividades de I+D dentro de cada grupo	20,9	99,6	94,7	41,9
Porcentaje de profesionales que trabajaron en I+D sobre el personal total en I+D	7,4	40,6	64,9	17,2
Porcentaje de profesionales con dedicación exclusiva en I+D sobre el personal en I + D	0,0	1,5	57,8	2,4
Porcentaje de empresas que incorporaron bienes de capital, <i>hardware</i> o <i>software</i> dentro de cada grupo	74,0	88,6	90,0	78,0
Porcentaje de empresas que realizaron actividades de capacitación dentro de cada grupo	36,1	71,8	61,0	45,3
Porcentaje de empresas que realizaron transferencia de tecnología, consultoría, diseño o gestión dentro de cada grupo	47,2	80,3	72,1	55,8
Porcentaje de empresas que poseen certificación en calidad (de producto y/o proceso)	7,9	8,1	20,7	8,4
Cantidad promedio de agentes con que se vincularon las empresas de cada grupo	1	3	2	2
Peso promedio de productos nuevos en la facturación	32,8	46,5	24,4	35,7
Cantidad promedio de áreas en que realizaron innovaciones	2,2	3,7	3,4	2,6
<b>TAMAÑO DE LA EMPRESA (en porcentaje de empresas)</b>				
Pequeña	58,5	40,8	4,9	52,5
Mediana	34,1	43,0	43,9	36,5
Grande	7,4	16,2	51,2	11,0
Total	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de la encuesta Dinacyt-INE.

otros agentes, y fundamentalmente establecen conexiones de tipo privado y de carácter unidireccional (ver cuadro 5).<sup>33</sup> Por otra parte, los vínculos de tipo mixto predominan en los grupos de alta capacidad innovadora (2 y 3), que se diferencian por la mayor presencia de vínculos centrados en institutos de base académica en el grupo 3. Esto último podría estar vinculado a la mayor importancia de las actividades de I+D en este grupo, especialmente por la dedicación exclusiva de personal calificado a estas actividades. La mayor proporción de empresas que establecen vínculos de tipo bilateral se da en el grupo 2 (52%), mientras que en el grupo 3 se observa un porcentaje algo menor de 41%, y en el 1 representan sólo 24%. De este modo, nuevamente el grupo más numeroso de empresas de bajo ICI es el de las que no participan de *redes de conocimiento*.

En suma, del análisis anterior se puede concluir que la industria manufacturera uruguaya se ha caracterizado por una muy baja proporción de empresas (33%) que realizaron al menos una actividad de innovación en el período 1998-2000. De las empresas que innovaron, 73% tiene una capacidad innovadora baja. Estas últimas –por lo general de tamaño pequeño– realizan pocos esfuerzos para apropiarse del conocimiento adquirido y no participan de *redes de conocimientos*. Hay, pues, evidencia para suponer que en la industria manufacturera uruguaya no predominan las empresas involucradas

en procesos de innovación endógena. No obstante, existe un grupo de firmas innovadoras que participan en *redes de conocimientos*. Es en esos grupos de empresas donde podría anclarse la propagación de los procesos creativos hacia el resto de las firmas industriales.

### *La dependencia externa de Uruguay respecto de los sectores productivos más dinámicos tecnológicamente*

El patrón tecnológico sectorial de comercio exterior uruguayo del último cuarto de siglo muestra otro rasgo sobresaliente de la situación del país respecto de la capacidad de innovación tecnológica de sus empresas: la dependencia externa respecto de los bienes más dinámicos desde el punto de vista tecnológico. Para dar cuenta empíricamente de la diferenciación sectorial de las trayectorias tecnológicas de las empresas, se utiliza una taxonomía elaborada por Pavitt (1984) con algunas modificaciones realizadas posteriormente por otros autores.<sup>34</sup>

La agrupación de las firmas en función de la TPM (véase el recuadro 4) tiene como objetivo deslindar la función específica de cada grupo en el proceso de innovación, teniendo presente que las interacciones entre los sectores proveedores y usuarios de innovaciones son decisivas para el desempeño y la potencialidad innovadora de la economía.

33 Las relaciones que tuvieron por objeto solicitud de financiamiento, información, capacitación, ensayos o asistencia técnica se consideran de carácter unilateral. Por relación bilateral se entiende a aquellas vinculaciones que tuvieron por objeto asesorías en cambio organizacional, diseño o I+D.

34 Posteriormente a Pavitt (1984) hubo modificaciones para aplicar su taxonomía a los flujos de comercio internacional (Guerrieri, 1990, 1998), y para incorporar las especificidades de la estructura comercial de los países latinoamericanos (CEPAL, 1991; SELA, 1994).

**Cuadro 5**

<b>Agrupaciones de empresas en función de las redes de conocimientos</b>				
	<b>ICI BAJO</b>	<b>ICI ALTO QUE PRIORIZA RESULTADOS DE PRODUCTO</b>	<b>ICI ALTO QUE PRIORIZA RESULTADOS DE PROCESOS</b>	<b>TOTALES</b>
<b>TIPOLOGÍA DE VÍNCULOS (en porcentaje de empresas)</b>				
De escasa conexión	23,7	1,8	10,0	18,0
Conexión privada	40,4	36,6	17,5	38,7
Conexión con institutos de base académica	12,3	1,1	10,0	9,6
Conexiones mixtas	23,6	60,5	62,5	33,6
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>OBJETO DE VÍNCULOS</b>				
Porcentaje de empresas con relaciones de tipo bilateral	24,2	51,7	41,1	31,3

Fuente: Elaboración propia sobre la base de la encuesta Dinacyt-INE.

$$CSBCj = \left[ \frac{X_j - M_j}{X_j + M_j} - \left( \frac{X - M}{X + M} \cdot \frac{X_j + M_j}{X + M} \right) \right] \cdot 100$$

donde  $X_j$  y  $M_j$  son exportaciones e importaciones del sector  $j$  (en este caso, sectores CIU-4 dígitos agrupados en función de la TPM) respectivamente,  $X$  y  $M$  son las exportaciones e importaciones (salvo las de petróleo) de toda la economía. La sumatoria de los CSBCj para todos los sectores  $j$  considerados es igual a cero.

La CSBC compara, para un período dado, el saldo comercial efectivamente realizado para un conjunto de actividades con un saldo teórico que resulta de distribuir uniformemente el saldo comercial total del país entre los diversos sectores según su peso relativo en el comercio exterior total. Si el saldo efectivamente observado es superior (inferior) al teórico, el conjunto de actividades en cuestión tiene ventajas (desventajas) comparativas reveladas. Si la contribución (positiva o negativa) de un conjunto de actividades a la balanza comercial de un país es proporcionalmente equivalente a la del sector teórico, entonces el valor del indicador CSBCj será igual a cero.

36 Debe no obstante aclararse que las condiciones necesarias para que se articulen sistémicamente las empresas *basadas en la ciencia* y la infraestructura de ciencia y tecnología dependen —además de la existencia de una masa crítica de empresas intensivas en I+D y de una oferta de conocimientos apropiada para resolver los problemas de aquellas firmas—, de otros factores entre los cuales se destaca la presencia de agentes de articulación que actúen como «traductores» entre las diferentes culturas de los empresarios y los científicos.

El indicador de contribución sectorial a la balanza comercial (CSBC)<sup>35</sup> —para el período 1978–2002—, que mide el aporte relativo al saldo de la balanza comercial del país de los grupos de empresas clasificadas en función de la TPM, muestra que las contribuciones de dichos conjuntos de firmas no cambiaron de signo a lo largo de los veinticinco años estudiados (gráfica 4). Además, existe una tajante división y concentración de las desventajas comparativas reveladas de la economía en sectores con más oportunidades tecnológicas (*proveedores especializados, basados en la ciencia y uso intensivo de la escala de producción*) y las ventajas en los de cambio tecnológico más lento (*intensivos en recursos naturales, tradicionales y sector primario*).

La dependencia de las importaciones de bienes pertenecientes a sectores *basados en la ciencia, oferentes especializados* y, en menor medida, de las de los *intensivos en escala* limita las posibilidades de interacción entre proveedores y usuarios y se constituye en una falta de estímulo a la actividad innovadora global de la economía.

En efecto la «lejanía» geográfica y cultural de la mayor parte de las empresas productoras de bienes dinámicos tecnológicamente hace más dificultosa la innovación de los usuarios de esos productos, cuando esa innovación está destinada a efectuar adaptaciones específicas a sus propias necesidades. Al mismo tiempo, el menor desarrollo tecnológico de los sectores *dominados por los oferentes de tecnología* constituye un freno al desenvolvimiento local de los sectores productores de las innovaciones, al no generar una demanda de bienes de proximidad tecnológicamente exigente. Sólo el desarrollo simultáneo de proveedores y usuarios, y su interacción continua y articulada, determinan un estímulo a la actividad innovadora y originan una suerte de círculo virtuoso para el cambio tecnológico.

Ahora bien, la sola presencia local de sectores dinámicos tecnológicamente no indica necesariamente su articulación con los usuarios. Esa articulación requiere la existencia de departamentos de investigación en estos últimos y/o agentes calificados que puedan explicitar requerimientos tecnoló-

gicos, adaptar la producción para satisfacerlos con celeridad y, en general, tener una estrategia de aprovechamiento de oportunidades tecnológicas.

En suma, durante los veinticinco años analizados se observan pocos cambios en el patrón sectorial tecnológico del comercio exterior de bienes y una alta dependencia del exterior para la provisión de los bienes más dinámicos tecnológicamente. Sólo a partir de la década de los noventa se constatan algunos cambios: las caídas de la CSBC positiva del sector *tradicional* y negativa del *intensivo en escala de producción*, y la concentración, en el quinquenio 1997–2002, de las mayores ventajas comparativas reveladas en la economía en los sectores de *uso intensivo en recursos naturales* (principalmente alimentos, bebidas y tabaco).

Una economía en esta situación, en la que se polarizan las desventajas relativas de los bienes dinámicos tecnológicamente y las ventajas de los de bajo potencial innovador, atenta, como ya se argumentó, contra las posibilidades de complementariedad entre usuarios y proveedores. Por otro lado, al no haber una cantidad de empresas que representen una masa crítica de firmas «basadas en la ciencia», no se crean las condiciones necesarias para que se genere una articulación sistémica entre las empresas de esos sectores y las entidades de ciencia y tecnología,<sup>36</sup> con lo que disminuyen también las posibilidades de que se produzcan efectos de derrames tecnológicos globales en la economía.

Es importante señalar que la posibilidad de importar bienes de capital en un contexto de apertura y de precios relativos favorables para la compra en el exterior de esos bienes, como ocurrió en los años noventa (véase en el gráfica 4 el aumento del valor negativo de la CSBC de los *proveedores especializados* durante el quinquenio 1993–97), hizo posible incorporar tecnología de punta y elevar el nivel de competitividad de todos los sectores. Ello permitió, en cierta medida, modernizar tecnológicamente al sector productivo, pero no logró superar, desde el punto de vista planteado en este trabajo, los problemas estructurales para el desarrollo de un proceso innovador endógeno.

## Recuadro 4

### La taxonomía de Pavitt modificada (TPM)

La TPM se compone de las siguientes agrupaciones de actividades:

- 1) *Basadas en la ciencia*. Estas empresas se caracterizan por actividades de innovación ligadas directamente a gastos de I+D. Asimismo, tienen capacidad para asimilar y aplicar a la producción conocimientos científicos básicos desarrollados por universidades, centros de investigación o por esas mismas empresas, lo cual denota una estrecha relación con la parte institucional del SNI. Estas empresas difunden sus innovaciones a las empresas de las demás agrupaciones y se retroalimentan fundamentalmente de las de *oferentes o proveedores especializados*. Incluyen las firmas de la química fina, componentes electrónicos, telecomunicaciones y aeroespacial. Las empresas obtienen elevadas rentas tecnológicas, asociadas a la intensidad de su actividad de generación.
- 2) *Oferentes o proveedores especializados*. Incluyen a los productores de bienes de capital, como las máquinas y herramientas, y están caracterizados por una alta diversificación de la oferta, altas economías de alcance, empresas bastante pequeñas y una capacidad importante de innovación de producto. Las empresas no gastan importantes montos en I+D, pero demandan y combinan tecnologías de punta en materiales, diseño, nuevos bienes, etc., potenciando sus resultados con importantes efectos de sinergia. De tal manera, estas empresas se caracterizan por la interacción con empresas de otras agrupaciones, así como por el efecto multiplicador que tienen en el conjunto de la economía.
- 3) *Intensivas en escala de producción*. Predominan las firmas industriales oligopólicas, con alta intensidad de capital, grandes economías de escala y de aprendizaje,

alta complejidad técnica y de gestión y significativas actividades *in-house* de ingeniería de producción. Estas actividades utilizan tecnologías relativamente difundidas y se caracterizan por un mayor dinamismo tecnológico respecto a las *empresas dominadas por los oferentes de tecnología*. Son empresas por lo general grandes y poseen departamentos de ingeniería de producción y laboratorios de I+D, los cuales tienen importancia en la generación de innovaciones incrementales o de aprendizaje, así como en el desarrollo de sus proveedores. Incluyen, entre otros, a los automóviles, algunos bienes electrónicos de consumo, bienes de consumo duraderos, la siderurgia y algunos bienes de la química.

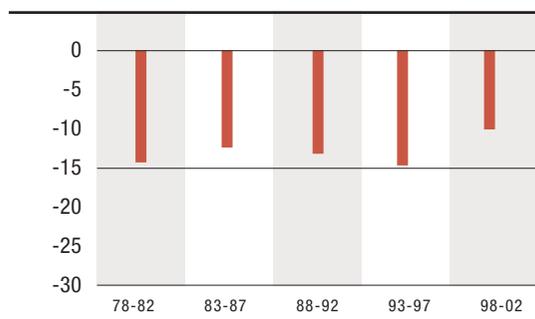
- 4) *Dominadas por los oferentes de tecnología*. En estas firmas las innovaciones están en su mayor parte incorporadas en bienes de capital e intermedios producidos por empresas de otros sectores de actividad. Se comprende aquí a las actividades en las cuales predominan tecnologías maduras y altamente difundidas, y que además no transfieren innovaciones tecnológicas a otros sectores. Las empresas tienen gastos de I+D formales bajos y, por lo general, no tienen laboratorios o departamentos de ingeniería. No obstante, el aprendizaje tecnológico se relaciona con actividades más informales para la adopción y producción. La apropiación de las rentas tecnológicas es baja y sólo existe por breves períodos, dada la facilidad de imitación y la dificultad de proteger la innovación a través de los derechos de propiedad intelectual. Esta agrupación incluye tres subgrupos: *sector primario*, *intensivos en recursos naturales* (por ejemplo, alimentos) y *tradicionales* (por ejemplo, textil).

**Fuentes:** Pavitt (1984), Guerrieri (1998) y CEPAL (1991).

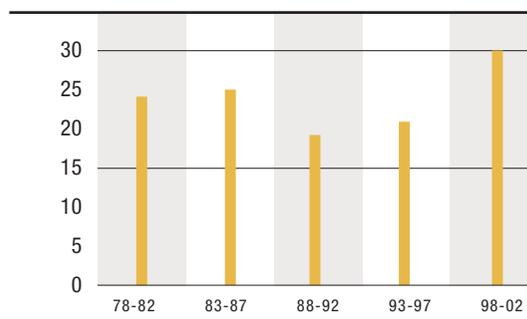
Gráfica 4

**Comercio exterior de Uruguay clasificado en función de su patrón sectorial tecnológico (1978-2002)**  
 (Indicador de la contribución sectorial a la balanza comercial de bienes en porcentaje)

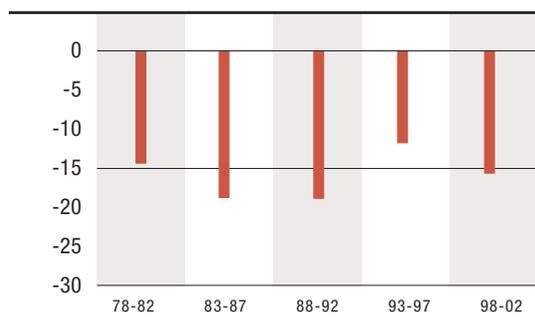
**Proveedores especializados**



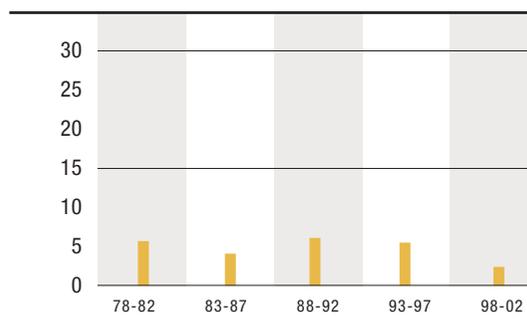
**Uso intensivo de recursos naturales**  
 (principalmente alimenticios)



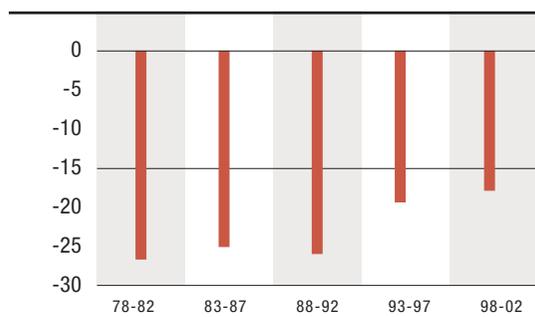
**Basado en la ciencia**



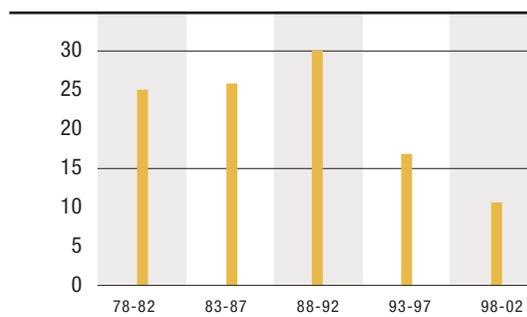
**Productos primarios no energéticos**



**Uso intensivo de la escala de producción**



**Productos tradicionales (principalmente textiles)**



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de comercio exterior del Banco Central del Uruguay.

### 3. A modo de síntesis: una insuficiente capacidad de desarrollo endógeno con algunas perspectivas de cambio

De los apartados anteriores surgen las siguientes constataciones:

- a. Uruguay se ubica en una posición relativamente desfavorable con respecto a tres indicadores habitualmente utilizados para realizar comparaciones internacionales: la inversión en I+D, el IAT y la PTF.
- b. Si bien la infraestructura, los recursos humanos de alta calificación y sus logros científicos y tecnológicos han evolucionado en forma positiva en los últimos años, la principal limitación para el desarrollo de las capacidades científicas y tecnológicas es la carencia de políticas bien articuladas e integrales y de esfuerzos coordinados de investigación entre las diversas entidades. Ello se encuentra fuertemente vinculado a la inadecuada asignación de fondos y la insuficiencia de fuentes de financiamiento de dichas actividades.
- c. Aunque los paquetes tecnológicos incorporados en el sector agropecuario uruguayo tienen un fuerte componente importado, su carácter territorio-específico ha sido siempre un incentivo para llevar adelante procesos innovadores endógenos, fundamentalmente a través del aprendizaje dentro de la unidad de producción. En los últimos años se constata el desarrollo, aún muy incipiente, de articulaciones entre agentes –horizontal, con otras empresas primarias, y vertical, con proveedores de insumos y compradores de materias primas– que tienen posibilidades de aumentar la densidad del tejido productivo y con ello la endogenidad de la innovación.
- d. En la industria manufacturera uruguaya no predominan las empresas involucradas en procesos de innovación endógena. La principal actividad de innovación de las firmas es la incorporación de bienes de capital, por lo general importados, y la gran mayoría no realiza otras actividades para apropiarse de los conocimientos que vienen incorporados en esas máquinas. No

obstante, se halló un conjunto de empresas pertenecientes a los grupos más innovadores, muchas de las cuales participan en *redes de conocimientos*. Es en esos grupos donde podría anclarse la propagación de los procesos creativos hacia el resto de las firmas industriales.

- e. El patrón tecnológico sectorial de comercio exterior uruguayo del último cuarto de siglo tiene un rasgo sobresaliente de dependencia externa de los bienes más dinámicos tecnológicamente.

Estas constataciones son la expresión de una situación de escasa generación y difusión de progreso técnico o, en otras palabras, de un pobre proceso innovador endógeno. No obstante, si bien el país ha atravesado un período de crisis muy fuerte que afectó el avance, se ha generado al mismo tiempo una masa crítica de recursos y de vínculos que permiten alentar un futuro mejor en este tema, clave para lograr los objetivos económicos, sociales y ambientales vinculados a la mejor calidad de vida de la población.

Por último, cabe señalar que la asociación en el ámbito del Mercosur puede resultar relevante en el futuro. En este sentido, tanto la posible integración de cadenas de valor a escala regional como la complementación de esfuerzos en el ámbito académico –prefigurada, por ejemplo, por la Asociación de Universidades Grupo Montevideo, conformada por las principales universidades públicas de la región– puede ser un punto de partida importante. A esta escala es más factible alcanzar un mayor grado de endogenidad, a pesar de que resultaría ilusorio plantearse un cien por ciento de ese carácter en cualquier país y aun región.

Tras el diagnóstico anterior, cabe preguntarse si existen *ventanas de oportunidades* para un país periférico como Uruguay en las nuevas tendencias mundiales sintetizadas bajo la denominación de EIC.

Como se ha planteado, la EIC no puede reducirse al surgimiento de los sectores de las TIC o a los de otras tecnologías intensivas en conocimiento. Para su desempeño, el SNI de una EIC depende también fuertemente de la distribución del saber a través de redes formales e informales, basadas en la interacción

entre los productores y usuarios de conocimiento tácito y codificado. Se ha dicho que el concepto de red es capaz de internalizar las consecuencias de las externalidades e interdependencias sobre el comportamiento de las empresas, explicitando el papel complementario de la cooperación, coordinación y competencia en la explicación de los patrones de cambio de los agentes. Además, hay sectores clave, proveedores de externalidades esenciales para el resto del sistema económico.

En función de este último modo de comprender la EIC, cabe preguntarse si existen puntos de apoyo a partir de los cuales Uruguay podría emprender una trayectoria de cambio tecnológico más acelerado. Una posibilidad en ese sentido es aprovechar los conocimientos y capacidades tecnológicos que ya se han acumulado en los sectores intensivos en recursos naturales y tradicionales del país.

Algunos sectores de la agroindustria han avanzado durante las últimas décadas en trayectorias que se inscriben en el paradigma tecnológico vigente. Por esa vía se han conformado grupos de agentes públicos y privados que interactúan, prefigurando un enriquecimiento del entramado productivo e institucional. Al mismo tiempo, si bien con muchas deficiencias, es en estos sectores donde el Estado ha realizado los mayores esfuerzos para favorecer la generación y adaptación de tecnologías, dotando a organismos y programas de recursos orientados a la consecución de esos objetivos

No obstante, el paradigma tecnológico por el cual transitan esos sectores está llegando a su agotamiento: las oportunidades de innovación que ofrece son cada vez menores y en su mayor parte se configuran como incrementales. Algunos analistas advierten que un nuevo paradigma capaz de inducirlos a la renovación de las oportunidades de avance técnico estaría configurado

por tecnologías ambientales, informáticas, biotecnológicas y de calidad.<sup>37</sup> Éstas son tecnologías genéricas, por lo que las actividades económicas que las desarrollan pueden convertirse en *proveedoras clave de externalidades para el resto de la economía*. El desenvolvimiento de sistemas de producción e innovación sectoriales (SSIP)<sup>38</sup> alrededor de dichas tecnologías posibilitaría la constitución de relaciones usuario-productor. Son esas las particularidades que adoptaría un proceso de innovación endógena en una EIC. En otras palabras, a través de la instauración de relaciones usuario-productor entre sectores «maduros», en los que Uruguay ya posee ventajas comparativas reveladas, y los de biotecnología, informática, ambiental y de calidad –nacionales o regionales–, se podría encontrar una vía para la modernización de los «viejos» sectores y la emergencia y consolidación de los «nuevos».

En términos más generales, en palabras de Rodríguez ya mencionadas en la introducción del capítulo I:

*[...] se presentan en América Latina condiciones para el logro de avances tecnológicos potencialmente significativos, relacionados con la adopción de tecnologías disponibles en actividades productivas preexistentes, con la presencia de capacidades industriales y tecnológicas adquiridas en etapas de crecimiento previo, con la calificación de mano de obra que se fue logrando durante las mismas y con la abundancia de recursos naturales, ahora potencialmente explotables mediante algunas tecnologías de vanguardia.*

En suma, la pregunta que se deja planteada en este capítulo es si existen en Uruguay esos puntos de apoyo a partir de los cuales se puede acelerar el progreso técnico en la economía. En el capítulo III se exponen los resultados de una investigación empírica que busca responderla.

37 Por ejemplo, John Wilkinson (2000): *Demandas tecnológicas, competitividad e innovación en el sistema agroalimentario en el Mercosur ampliado*, Procisur, Montevideo, Uruguay.

38 En el sentido que propone Malerba (2002) reseñado en el capítulo I.