

La difusión de tecnología

La difusión de tecnología*

En este capítulo se analizan los mecanismos de difusión de la tecnología, y se sostiene la necesidad de convertir a la política de la difusión en un elemento preponderante de la política tecnológica global. El análisis se efectúa trazando una distinción entre difusión de tecnología no incorporada (*disembodied*) y difusión de tecnología incorporada en los equipos. La primera se caracteriza por el derrame de investigación y por la capacidad de absorción por parte de las empresas. La expresión "derrame de investigación" se refiere al conocimiento creado por una empresa, que potencialmente puede llegar luego a manos de otras. La capacidad de absorción es la capacidad de una empresa de aprender a usar tecnología desarrollada por otra mediante un proceso que requiere de cuantiosas inversiones, en particular de naturaleza intangible. Así, la I+D crea nuevos productos y aumenta la capacidad de las empresas de aprender a prever y seguir el curso de futuras invenciones. Las redes formales e informales de industrias y empresas -dentro de las cuales los participantes son al mismo tiempo proveedores y usuarios de nuevas tecnologías- facilitan este proceso.

La difusión de tecnología incorporada a equipos sigue el esquema más tradicional, en el cual unas pocas industrias actúan de proveedoras de nueva tecnología a través de sus ventas de bienes tecnológicamente intensivos a industrias ubicadas hacia abajo. Ciertas tecnologías clave (principalmente relacionadas con la tecnología de la información, TI), juegan un papel vital. También influyen en este proceso las diferencias internacionales, la estructura del mercado, las expectativas de los inversores, las características de las innovaciones en los sistemas modernos de producción, la posibilidad de conseguir personal capacitado y la organización de las empresas. La estructura del mercado en las industrias proveedoras determina los precios de los insumos de tecnología intensiva, y por ende el grado en que las industrias usuarias o consumidoras se apropián de los beneficios de la innovación original. Las presiones de la competencia (reales o percibidas como tales) y las ventajas relativas de usar tecnologías competitivas influyen sobre el ritmo de la inversión y la adopción de nuevas tecnologías.

El desempeño económico del grueso de las industrias manufactureras y de servicios que se hallan fuera de los sectores de nuevas tecnologías depende, en gran medida, de que se adopten ideas y productos desarrollados en otra parte. Puesto que la sociedad se beneficia por los esfuerzos de I+D que llevan adelante las empresas, las políticas públicas deberían brindar a los innovadores un entorno que estimulara la actividad innovadora al tiempo que permitiera el máximo uso de sus productos. Un importante prerequisito es un entorno macroeconómico estable que fomente las políticas microeconómicas, que estimule a las empresas a compartir información, desarrollar capacidad de absorción y aumentar la tasa de adopción de nuevas tecnologías, ya sea directamente (a través de subsidios, planes financieros, etc.) o indirectamente (modificándose para ello el marco institucional y regulatorio).

* El documento que se publica forma parte de la serie *The Technology/Economy Programme* (TEP), editada oficialmente por la OCDE. La presente es traducción del inglés del título original *Technology and the economy. The Key relationships*, Copyright OCDE, París, 1992. Publicado con autorización de la Institución. Traducido del inglés por Raquel Albornoz. La responsabilidad de la traducción es de REDES.

Introducción

En el capítulo 1 * se analizaron la naturaleza y características del proceso de innovación tecnológica, se subrayó el carácter dinámico e interactivo del proceso y se estudiaron sus patrones y determinantes. El presente capítulo se ocupa del proceso de difusión de tecnología (véase Recuadro 1) y la aplicación de una innovación luego de su desarrollo inicial. El enfoque adoptado pone el acento en lo estrechamente vinculados que están ambos procesos. En vez de considerar como dos actividades separadas a la innovación (la provisión de tecnología) y la difusión (la demanda de tecnología), más correcto es pensar que la creación de una nueva tecnología, y su adopción y manejo, constituyen dos aspectos de un mismo proceso.¹

Muchas de las medidas destinadas a promover la difusión de tecnología dependen de que haya cada vez mayores inversiones intangibles, en particular en I+D, capacitación y capital humano, a diferencia de lo que serían las inversiones en capital físico. Si bien tradicionalmente muchos países no consideraban a las inversiones intangibles como directamente relacionadas con la ciencia y la tecnología ni siquiera con la política industrial, dichas inversiones son fundamentales para captar el potencial económico de la nueva tecnología, y hay cada vez mayores indicios de que ellas determinan la rentabilidad de la inversión en nuevos equipos. La eficacia de estas inversiones depende, a su vez, de la infraestructura circundante y de factores de tecnología específica vinculados con las características sistémicas y dinámicas de la innovación.

Este capítulo pone la mira en la importancia de la difusión tecnológica, analiza sus mecanismos y subraya la necesidad de convertirla en un elemento primordial de la política global. El apartado 1 trata sobre la difusión de tecnología no incorporada, mientras que el 2 se dedica a la más

* Editado como Dossier en *REDES*, N° 6, mayo de 1996.

¹ El enfoque metodológico que sigue este capítulo se asienta sobre los elementos que convergen en el cambio tecnológico desde dos tradiciones diferentes de trabajo teórico y empírico. La primera tradición, que podría denominarse evolucionista o neoschumpeteriana, siempre ha acentuado el carácter dinámico y sistémico de los procesos de innovación y difusión, así como los estrechos vínculos y *feedbacks* que se dan entre ambas. Su intención ha sido demostrar empíricamente su marco teórico con trabajo sobre la historia de la tecnología y con minuciosos estudios de casos. La segunda tradición, que puede denominarse neoclásica, ha avanzado sin pausa hacia una visión que acentúa los aspectos dinámico y sistémico, y así comparte muchos elementos comunes con la primera. Su riguroso marco teórico y empírico ayuda a clarificar y cuantificar muchos de los interrogantes aún no respondidos sobre este sector. El presente capítulo propone una orientación basada en la conciliación de ambas, que hasta hace muy poco eran enfoques metodológicos opuestos.

Recuadro 1. Dimensiones conceptuales de la difusión de tecnología

Hoy en día, debe considerarse que la difusión "incluye la adopción por parte de otros usuarios, así como el uso más extensivo por parte del innovador original. En términos más generales, abarca todas las medidas que se tomen a nivel de la empresa u organización para explotar los beneficios económicos de la innovación" (OCDE, 1988a, p. 49).

Así, la difusión no puede ser reducida a la introducción de nuevas maquinarias en el taller de la fábrica o en la oficina, ni a la adopción de bienes intermedios por parte de las empresas. Debe incluir los otros pasos activos y vitales que dan las empresas para adaptar la tecnología a sus necesidades y así incrementar la eficiencia económica con la cual se utiliza la nueva tecnología. Esos pasos incluyen la reorganización del trabajo de fábrica y los flujos de materiales (por ejemplo, la programación de producción *just in time*) y prácticas gerenciales mejoradas en el taller, en el desarrollo de la producción y en la comercialización. En definitiva, el concepto de difusión de tecnología debe abarcar también el proceso mediante el cual el conocimiento y la experiencia técnica se difunden a través de la economía.

El trabajo conceptual sobre la difusión de tecnología ha avanzado de la mano con los cambios en la forma en que consideran el proceso las personas encargadas de sentar políticas. En consecuencia, está surgiendo una cantidad de ideas afines muy útiles. Entre ellas, la necesidad de establecer una diferencia entre el costo de adopción y el costo de compra, y la importancia de analizar la difusión como un proceso competitivo de elección entre viejas y nuevas tecnologías. El reconocimiento de que *todo acto de adopción trae aparejadas ciertas transformaciones y es por tanto un acto de innovación incremental en sí mismo* es vital en estas nuevas concepciones.

Por debajo de estas cuestiones subyace una distinción conceptual básica entre dos tipos de difusión de tecnología. El primero es el proceso mediante el cual la tecnología y el *know-how* se difunden a través de cualquier otro canal que no sea la incorporación dentro de una maquinaria. Se origina en los *aspectos externos* (externalidades) que caracterizan el proceso innovador y los *derrames* que se producen cuando la empresa que está desarrollando una nueva idea o proceso no puede apropiarse totalmente de los resultados de su innovación. La difusión incorporada a maquinarias, por el contrario, es el proceso por el cual las innovaciones se desparraman dentro de la economía mediante la adquisición de maquinarias, componentes y demás equipos de tecnología intensiva.

tradicional difusión de tecnología incorporada a equipos. El apartado 3 analiza las implicaciones económicas del proceso de difusión, en particular la transferencia de productividad de las industrias innovadoras a las industrias usuarias, y la relación que hay entre difusión e incentivos para innovar. Por último, el apartado 4 saca conclusiones respecto del papel de los gobiernos, y bosqueja elementos de una política de difusión.²

1. La diseminación (*spread*) de conocimiento: la difusión de tecnología no incorporada

En esta sección se analiza la difusión de tecnología no incorporada, sus actores y mecanismos de transmisión, sus principales determinantes (derrames de conocimiento y capacidad de absorción que deben tener las empresas) y los factores que subyacen a la eficacia y velocidad del proceso, según se relacionan con el tipo de cambio tecnológico involucrado y con algunas características sistémicas de la innovación.

Actores y mecanismos

La difusión de tecnología no incorporada puede ser organizada, como, por ejemplo, cuando las empresas venden los derechos sobre cierta patente o emiten la licencia de una innovación. Sin embargo, más a menudo es apenas una consecuencia de las actividades innovadoras de la empresa, como cuando el conocimiento que ella genera comienza a ser usado por otras empresas. En cualquiera de los dos casos, su canal de transmisión es principalmente el personal de investigación. Los científicos e ingenieros que participaron en la elaboración de nuevas ideas o técnicas dentro de una firma o laboratorio en particular comunican inicialmente este conocimiento a otros sectores de la organización que integran (el departamento de producción o de comercialización, subsidiarias, etc.), hasta que llega un momento en que el *know-how*, las "reglas" o la experiencia se filtran y llegan a formar parte del dominio público.

² El presente capítulo no encara explícitamente el problema de la difusión internacional de tecnología, si bien muchos de los factores que subyacen a la difusión local de tecnología rigen igualmente para el plano internacional. Por ejemplo, los derrames y la importancia de crear una capacidad de absorción son vitales para la difusión internacional de tecnología. Sin embargo, al analizar la política pública, los temas se vuelven más complicados. El proceso de difusión internacional de tecnología demuestra que las políticas sobre tecnología nacional a menudo no pueden contenerse dentro de las fronteras de un país; esto implica que comercio y política tecnológica están interrelacionados. En la sección final de este capítulo se tratan estos temas.

La transmisión de conocimiento se da a través de muchos canales. Es el resultado de una ingeniería reversa que hace la empresa sobre los productos de sus rivales; está contenida en las descripciones de nuevos productos o procesos que se encuentran en publicaciones, catálogos y formularios para solicitar patentes; puede ser difundida en conferencias o seminarios; puede ser parte del capital humano que el personal de investigación se lleva consigo cuando cambia de empleo o bien puede ser un subproducto de fusiones y adquisiciones, empresas conjuntas u otras formas de cooperación entre empresas.³ Esos diferentes canales de transmisión generan diferentes patrones de difusión con claros efectos sobre la productividad, la competitividad y los incentivos que, en primer lugar, tienen que invertir las empresas en innovación.

Anteriores estudios explican los patrones de difusión centrando la mira principalmente en la forma en que se propaga la información, la influencia de la rentabilidad esperada y el tamaño de las empresas. Sostienen que, luego de introducirse una innovación de gran magnitud, su propagación a potenciales adoptantes depende de cuánto se haya difundido la información sobre sus beneficios. A su vez, la velocidad de adopción está en relación con las características de la innovación (principalmente su posible rentabilidad o el largo del período de recuperación de la inversión) y con las de los potenciales adoptantes (principalmente el tamaño de las empresas y el costo de la innovación en relación con el activo de la empresa). La velocidad de adopción aumenta a medida que más empresas toman contacto con el número creciente de las que ya adquirieron la nueva tecnología. Cuando el mercado se aproxima a la saturación, la velocidad disminuye.⁴

Algunos estudios empíricos han investigado cuán rápidamente el nuevo conocimiento creado por una empresa llega al dominio público. En un estudio que abarcó a cien empresas fabriles norteamericanas, Mansfield (1985) demostró que la información relativa a decisiones sobre el desarrollo de un nuevo producto o proceso llegaba a manos de por lo menos algunas de las empresas rivales en el término -promedio- de entre 12 y 18 meses después de tomada la decisión. Si la creación y comercialización de un importante producto o proceso insume tres años o más, hay

³ Levin *et al.* (1987) brindan cierta información basada en los indicios recogidos en sondeos respecto de la importancia de diversos canales de transmisión del conocimiento.

⁴ Esto se visualiza con la ayuda de una curva en S: la "S" es irregular, y su forma difiere para cada tecnología y cada país. Si se desea consultar más literatura sobre la forma de S, véase Jacobs (1990), p. 5. Véase también Ray (1984 y 1989) con respecto a las diferencias entre países y tecnologías. Ergas (1987b) analiza la relación que tiene con el concepto de ciclo del producto.

muchas probabilidades de que la decisión se filtre antes de la terminación. Más aun, la información sobre el contenido técnico pormenorizado de las innovaciones (tanto de un proceso como de un producto) llegó a la mayoría de los rivales dentro del año posterior a haberse creado tal innovación (véase Cuadro 1). Otros estudios practicados para corroborar datos demostraron también que los métodos tradicionales para protegerse de este tipo de derrame de conocimiento no dan demasiado resultado: la movilidad del personal y las prácticas de "ingeniería reversa" ponen en peligro todo esfuerzo que se haga por mantener el secreto, al tiempo que las patentes suelen funcionar como medio de comunicación entre las empresas (véase Rogers, 1982, y Levin *et al.*, 1987).

Pese al acento que se pone en el papel central que juega la divulgación de información en la labor de conformar los patrones de difusión, el estudio de Mansfield sostiene que el hecho de que la información se filtre relativamente rápido no implica que se produzca una imitación igualmente veloz. A menudo se necesita tiempo para inventar algo partiendo de una patente, para crear prototipos, modificar equipos y realizar las actividades mismas de elaboración necesarias para introducir un producto o proceso imitador. Así, para apreciar más acabadamente los mecanismos empleados es preciso tomar en cuenta los efectos de "aprender usando", es decir, la participación de empresas usuarias en la creación de determinada innovación y los costos en que ellas incurren para aprender a adaptarla a sus necesidades (Rosenberg, 1982). Cuando una innovación se difunde, empieza a haber más información sobre sus características técnicas y económicas; a medida que esta información se divulga, la innovación se difunde con más facilidad. Se afirma que los caminos de difusión observados reflejan cambios en el entorno de la innovación y la adopción; el proceso es muy definido, y diferente de lo que es aprender dentro de una situación estática (David, 1987; Davies, 1979, y Gold, 1989).

A la luz de los hallazgos que subrayan los esfuerzos que deben hacer las empresas para adoptar una tecnología desarrollada en otra parte, dos ideas básicas ayudan a explicar tanto el patrón como los determinantes de este tipo de difusión tecnológica. La primera es la de los *derrames de investigación*. Estos reflejan las características de ser apropiables que tienen determinadas tecnologías en particular, y explican cómo el nuevo conocimiento o tecnología creado por una empresa llega a ser potencialmente accesible para otras firmas del país o del exterior. La segunda idea es la de la *capacidad de absorción*. Así es como las empresas aprenden a utilizar tecnología desarrollada en otra parte; esto requiere grandes inversiones, particularmente de carácter intangible.

Cuadro 1. Porcentaje distribución de empresas. 10 industrias de los Estados Unidos
Por número promedio de meses posteriores al desarrollo que transcurren hasta
que el nuevo producto o proceso llega a ser conocido por empresas rivales

	Productos				
	Menos de 6	6 a 12	12 a 18	18 y más	Total¹
Productos químicos	18	36	9	36	100
Productos farmacéuticos	57	14	29	0	100
Petróleo	22	33	22	22	100
Metales primarios	40	20	0	40	100
Equipos eléctricos	38	50	12	0	100
Maquinarias	31	31	31	8	100
Equipos para el transporte	25	50	0	25	100
Instrumentos	50	38	12	0	100
Piedra, arcilla y vidrio	40	60	0	0	100
Otros ²	31	15	15	38	100
Promedio	35	35	13	17	
Procesos					
	Menos de 6	6 a 12	12 a 18	18 y más	Total¹
Productos químicos	0	0	10	90	100
Productos farmacéuticos	0	33	0	67	100
Petróleo	10	50	10	30	100
Metales primarios	40	40	0	20	100
Equipos eléctricos	14	14	57	14	100
Maquinarias	10	20	30	40	100
Equipos para el transporte	0	67	0	33	100
Instrumentos	33	33	33	0	100
Piedra, arcilla y vidrio	0	20	20	60	100
Otros ²	27	0	36	36	100
Promedio	13	28	20	39	
<i>Nota:</i> Los datos abarcan una muestra de 100 empresas norteamericanas de los rubros mencionados que gastaron más de un millón de dólares (o el uno por ciento de sus ventas si éstas alcanzan por lo menos los u\$s 85.000.000) en I+D durante el año 1981.					
¹ Debido al redondeo, a veces las cifras no alcanzan el total					
² Los productos siderúrgicos, los alimentos, la goma y el papel se incluyen en el rubro 'Otros'.					
<i>Fuente:</i> Mansfield (1985), p. 20					

Derrames de investigación

Según se los define, los derrames de investigación incluyen "todo conocimiento original y valioso generado en el proceso de investigación, que se vuelve accesible al público, ya sea un conocimiento que caracterice plenamente determinada innovación o un conocimiento de tipo más intermedio." (Cohén y Levinthal, 1989, p. 571). Se los denomina derrames de conocimiento o derrames no incorporados para subrayar que no necesariamente se refieren a conocimientos incorporados a una maquinaria o equipo. La mayoría de las definiciones dan a entender que una empresa o industria puede usar el conocimiento creado por otra sin abonarle un resarcimiento económico. Dichos derrames se producen cuando una parte de la actividad inventiva no es del todo apropiable: la labor de I+D que realizan las empresas produce externalidades que afectan las decisiones de otras empresas e industrias. Así, los derrames relacionados con el conocimiento se producen porque la innovación posee ciertas características típicas de los bienes públicos (véase Recuadro 2).

Si bien el conocimiento y la tecnología tienen algunas de las características de los bienes públicos, son ofrecidos en forma privada por empresas que invierten en I+D y en otras actividades afines a la tecnología. Pese a que podemos considerar los derrames de conocimiento como "filtraciones" o como una injusta pérdida de ganancias para el innovador, en realidad son la condición *sine qua non* para que pueda haber un desarrollo del conocimiento y de la economía. Debido a que las innovaciones benefician no sólo a la empresa iniciadora sino a otras más, y debido también a que las innovaciones tienen una amplia difusión, el conocimiento puede desarrollarse de una manera veloz y acumulativa.

Esto habla de brechas entre el interés público y el privado con respecto al desarrollo y el uso de nuevas tecnologías. El corolario es que el papel que debe jugar la política es conciliar los objetivos antagónicos de un marco conceptual que debe brindar a los innovadores un entorno que estimule la actividad de innovación (restringiendo el uso de la innovación, y garantizando por ese medio algunas ganancias para el innovador) al mismo tiempo que permite el uso máximo de su producto (manteniendo el precio bajo, garantizando así la imitación, adopción y difusión).

La posición central de los derrames de investigación en el proceso innovador es la raíz de la creación de "redes" formales o informales. Los aspectos de la innovación vinculados con el "bien público" la convierten en una actividad con marcados elementos de "creación colectiva", ya sea que esté codificada en operaciones conjuntas entre empresas -"aprender actuando recíprocamente"- o implícita en el uso del conocimiento como

Recuadro 2. Naturaleza de los derrames de investigación

Las dos características fundamentales de la innovación son atributos que todo bien económico posee en diverso grado: rivalidad y posibilidad de ser excluido. Un bien es excluible si su dueño puede impedir que otros lo usen. Un insumo es rival si por el hecho de usarlo una persona se puede impedir que lo use otra. Los bienes económicos convencionales (bienes privados) son rivales y totalmente susceptibles de ser excluidos; así se los ofrece privadamente en el mercado. Los bienes públicos no son rivales ni excluibles, y no se los puede ofrecer en forma privada. No se los puede negociar, y la cantidad de personas que los usan (que consumen los servicios ofrecidos) puede aumentarse sin costos adicionales, al menos hasta alcanzar cierta limitación de la capacidad (de producción). El conocimiento y la tecnología tienen algunas de las características de los bienes públicos, pero son ofrecidos en forma privada por empresas que invierten en I+D y en otras actividades afines a la tecnología.

El conocimiento es considerado por muchos como un bien *parcialmente excluible y no rivalizante*? El hecho de no ser excluible implica que a las empresas que han dedicado recursos a generar innovaciones les resulta difícil apropiarse de los beneficios e impedir que otros utilicen el conocimiento sin percibir un resarcimiento. El conocimiento (salvo el de tipo más genérico o básico), si bien es susceptible de producir derrames, es sólo excluible de manera imperfecta; mediante el uso de patentes u otros recursos (poder de mercado, tiempo de puesta en marcha de un proyecto, secreto, etc.) los innovadores reciben al menos parte de los beneficios sociales que acompañan al desarrollo del conocimiento, y esto actúa como incentivo para su inversión en i+D.^b La no-rivalidad, por otra parte, implica que una nueva tecnología -una nueva lista de instrucciones o el diseño para un nuevo producto- puede ser usada muchas veces y en numerosos procesos diferentes. El interés de los usuarios de innovaciones (otras empresas aparte de la innovadora, los consumidores o el gobierno) resulta más beneficiado si las innovaciones, una vez producidas, se vuelven totalmente accesibles y si se las difunde al menor costo posible. Esto implica un bajo nivel de apropiabilidad para los innovadores, o, dicho de otra manera, un entorno rico en derrames de conocimiento. En la medida en que esto no ocurra a causa de instrumentos (tales como patentes) o de prácticas restrictivas emergentes de una situación monopólica, la difusión será más lenta, y no se disfrutará de los beneficios totales de las nuevas tecnologías.

^a Si se desea una ampliación de estos conceptos, véase Romer (1990).

^b Romer (1990) señala que, a fin de conciliar la provisión privada de innovación con una perfecta *non-excludability* del conocimiento, es necesario considerar a la innovación como la consecuencia no intencional de alguna otra actividad, como por ejemplo una inversión en capital (tradicional) o en educación. En tal situación, no es posible justificar las actividades de I+D llevadas a cabo por empresas privadas.

"trueque" entre empresas que de lo contrario serían competidoras. La existencia de derrames de conocimiento por lo tanto indica que la producción de conocimiento por parte de una empresa o industria en particular depende no sólo de la investigación que ella realice sino también de gestiones externas o, dicho de manera más general, del acervo de conocimiento al que ella tenga acceso. Por tanto, la productividad de la investigación de determinada empresa puede resultar afectada por el volumen y naturaleza del acervo de conocimiento al que puede recurrir. Así, y como lo sugiere el modelo "interactivo" de innovación (véase capítulo 1, en *REDES*, NO. 6), cabe afirmar que la innovación y la difusión son "dos caras de la misma moneda" (Jacobs, 1990): la innovación lleva a la difusión, la cual a su vez influye sobre el nivel de actividad innovadora.

Capacidad de absorción

Así como los derrames de investigación determinan los flujos de difusión no incorporada, los actos de las empresas e industrias receptoras determinan hasta qué punto las innovaciones producidas en otra parte son de hecho incorporadas dentro de procesos de producción. Tal como han señalado muchos autores, los gastos de inversión y desarrollo y otras inversiones intangibles realzan la capacidad de la empresa de asimilar y explotar información que se halla en el dominio público. Así, la facilidad de aprendizaje dentro de una industria resulta directamente afectada por el nivel de gastos en I+D e indirectamente determinará la influencia que tengan los derrames sobre los flujos efectivos de difusión (Cohen y Levinthal, 1989).

Esta línea de pensamiento reconoce un doble papel para la I+D: además de crear productos -o nueva información- y de ayudar a que la empresa innovadora mantenga su posición en el mercado, la I+D también desarrolla la capacidad de aprender a prever y seguir el curso de futuras invenciones. A este segundo aspecto se lo suele definir como "aprendiendo a aprender", como manera de diferenciarlo de "aprender haciendo". En esta esfera, la I+D ayuda a las empresas a identificar, rastrear y potencialmente aprovechar el conocimiento desarrollado inicialmente en otra parte: desarrolla su capacidad "de absorción". Los dos aspectos de la I+D van de la mano: la adopción de una nueva tecnología presupone la capacidad de absorción; esta última depende en gran medida de la capacidad de innovación.

Diversos autores subrayan el papel del aprendizaje. Nelson y Winter (1977) sostienen que para que las empresas puedan usar libremente el conocimiento disponible a menudo tienen que invertir en I+D. Rosenberg

comparó el desempeño en investigación (básica) con "un boleto de entrada a una red de información" (1990, p.170). Tilton afirma que una de las razones principales por las cuales las empresas invierten en I+D en la industria del semiconductores es "para facilitar la asimilación de nueva tecnología desarrollada en otra parte" (1971, p. 71). Estos gastos son necesarios porque el conocimiento no está simplemente "en reserva"; a menudo es necesaria una importante capacidad de investigación para poder comprenderlo y asimilarlo. Esto es así en particular porque la asimilación suele involucrar la transformación y la adaptación al mismo tiempo.

Si bien la aceptación del papel que cumplen las inversiones intangibles no es nueva, sólo en este último tiempo se ha analizado su incidencia (*implications*) en cuanto a dar forma al patrón de difusión de la tecnología. La capacidad de imitar y aprovechar adelantos tecnológicos hechos en otra parte puede depender en gran medida de los gastos en I+D que haga la empresa. En el pasado, se tenía la idea de que los costos de imitación incluían fundamentalmente los costos de la transmisión de la información, y se los consideraba pequeños en comparación con los costos de generar la innovación. Sin embargo, los costos de imitación pueden depender enormemente del nivel tecnológico alcanzado por una empresa (su *stock* de I+D acumulado, sus actividades organizativas y de capacitación, etc.). Los costos son bajos sólo cuando la empresa ya invirtió en desarrollar su capacidad de absorción dentro del campo pertinente.

Estas condiciones también son significativas para las estrategias de investigación de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) y para las industrias situadas en la periferia de los sectores "básicos" que producen tecnologías genéricas basadas en la ciencia y constituyen el corazón del sistema de innovación en los grandes países de la OCDE. Por lo general, la capacidad de investigación dentro de la propia empresa y la investigación orientada a adaptar tecnologías genéricas suelen ser inadecuadas (véase capítulo 1, sobre innovación). Las empresas que carecen de importantes medios para encarar la investigación necesitan desarrollar su capacidad de absorción a fin de participar de redes y aprovechar los flujos de tecnología no incorporada. Al mismo tiempo, para poder elegir, absorber y adoptar tecnología, también tendrán más posibilidades de éxito si poseen cierta actividad y capacidad creativas propias -aunque más no sea en el área del diseño- sumadas a cierta función de control y absorción dentro de su plantel gerencial. Entonces podrán aprovechar mejor las iniciativas públicas para difundir información tecnológica, en particular las redes de asesores tecnológicos creadas en algunos países. Sin embargo, también es necesario adaptar la tecnología externa al *stock* de conocimiento existente en la empresa. En el capítulo 1 se analizan los modos en

que esto se puede llevar a cabo, en particular el papel de las *contract research organizations* (CRO).

Algunos de los países más pequeños de la OCDE, que tienen sistemas de innovación menos afianzados y se iniciaron más tarde en el proceso de industrialización, pertenecen a la misma categoría de las PYMES que carecen de capacidad inventiva propia. Por consiguiente, en cierto modo no pueden aprovechar plenamente el proceso de difusión de tecnología no incorporada, por lo cual optan casi siempre por mecanismos de difusión incorporados en equipos a fin de utilizar innovaciones desarrolladas en otra parte.

Factores que influyen sobre la eficacia de la difusión de tecnología no incorporada

El efecto que producen los derrames de investigación y la capacidad de absorción de las empresas sobre la velocidad y eficiencia de la difusión de tecnología no incorporada está condicionado por una cantidad de factores relativos a la naturaleza de la tecnología y a sus características sistémicas. Cabe afirmar que el grado en que el conocimiento llega a ser accesible para el público, el aprendizaje de las empresas y, por consiguiente, el patrón de difusión de tecnología no incorporada dependen de los distintos tipos de conocimiento y de tecnología (básica, aplicada/específica de la empresa o genérica/difusora) así como de las características sistémicas de la innovación, tales como la posibilidad de ser acumulativa.

El grado en que la I+D resulta vital para el crecimiento de la capacidad de absorción de la empresa, y por tanto para el patrón y velocidad de la difusión de la tecnología no incorporada, depende de las características del conocimiento exterior. Aquí pueden entrar a jugar diversos factores: la medida en que determinado campo del conocimiento es acumulativo, el grado en que éste responde a las necesidades específicas de la empresa, la medida en que éste es "tácito" y el ritmo del avance. Cuanto más complejo es el conocimiento exterior, y cuanto más genérica y menos orientada sea su naturaleza, más cuantiosos serán los gastos en I+D tendientes a identificar y facilitar la explotación de conocimiento valioso. Lo mismo puede decirse cuando el conocimiento es tácito y no codificado; se necesita una gran cantidad de tiempo y esfuerzo para transformarlo en un conjunto de reglas o rutinas que puedan resultar útiles a las empresas. Cuanto más veloz el ritmo de avance de dicho campo, mayor será el esfuerzo necesario para marchar al mismo paso que los desarrollos.

Los tipos distintos de I+D con características diferentes de apropiabilidad motivan que haya diferencias en la facilidad de difusión y adopción

de las innovaciones. Nelson (1980), entre otros, establece una diferencia entre dos tipos de conocimiento tecnológico. Uno se relaciona con la investigación básica (*upstream*) e incluye inferencias respecto de cómo funcionan las cosas, la identificación de factores limitativos y de posibles modos de superarlos. El otro tipo se vincula con las "técnicas operativas" (o desarrollo), y en él se incluyen las formas de hacer funcionar las cosas que son específicas de la tarea pertinente.

El tipo relativo a la investigación básica posee en mayor medida rasgos de "bien público" puesto que esta clase de conocimiento tiene un espectro más amplio de aplicaciones. Puede ser comunicado a una persona que esté en ese campo sin mayores costos de aprendizaje, y podría limitar considerablemente las aptitudes de aquéllos a los que se niega el acceso. También es aquí donde suele concentrarse la mayor parte de la investigación precompetitiva y cooperativa, y donde tienden a crearse las redes formales e informales. Por el contrario, el tipo relacionado con las "técnicas operativas" o desarrollo suele tener en menor grado características de bien público. El espectro de aplicabilidad de "técnica" es estrecho, el aprendizaje acarrea altos costos pues necesita ser adaptado a las necesidades específicas del usuario, y el hecho de negar el acceso puede no eliminar las posibilidades de éxito en el desarrollo de nuevos procesos o productos si se ha asimilado la tecnología básica.

Esto da a entender que la especificidad y la adaptación al uso local constituyen características determinantes de la mayoría de las innovaciones, tanto desde el punto de vista de la capacidad de la empresa innovadora para apropiarse de conocimiento pertinente como del patrón de adopción que se produce.⁵ Así, el costo de adquirir conocimiento tecnológico de una manera que resulte usable para la producción de determinada empresa puede llegar a ser elevado. Todo indica que los recursos que se destinan a ingeniería reversa o espionaje son de hecho cuantiosos (Levin, 1988).

La categoría adicional de tecnologías "genéricas" o "difusoras" (por ejemplo, la tecnología de la información, ciertos materiales y equipos) tiene como característica principal una gran aplicabilidad en casi todas las industrias, así como la capacidad de transformar drásticamente el entorno económico. La tecnología genérica subyace a la producción en la mis-

⁵ El carácter "de adaptado al uso local" (*localised*) del progreso tecnológico fue introducido como concepto por Atkinson y Stiglitz (1969). Tiene que ver con la distinción que se traza entre conocimiento básico, de amplia aplicabilidad, y conocimiento técnico, que es mucho más específico y "adaptado al uso local". El argumento se continúa en Stiglitz (1987).

ma medida en que subyace el conocimiento básico; sin embargo, si bien en la investigación básica el cuerpo del conocimiento pertinente es específico de ciertas áreas tecnológicas, las tecnologías genéricas subyacen a las innovaciones y la producción en aquellas industrias que utilizan una variedad de tecnologías. La investigación genérica también comparte una característica con las "técnicas operativas": que a menudo obliga a las empresas a realizar cuantiosas inversiones para que puedan adaptarla al propio uso. Puesto que las tecnologías genéricas se desarrollan en ciertas industrias y luego tienen una amplia difusión, las inversiones de los usuarios no acrecientan su "capital tecnológico" acumulado; el conocimiento requerido es externo a la empresa. En tales casos, los programas amplios de apoyo público pueden ayudar a desarrollar las aptitudes para la adopción (por ejemplo, los programas de capacitación pública relacionados con la TI existentes en muchos países).

En los tres tipos de tecnología, ciertos atributos de la innovación diluyen en alguna medida su naturaleza de bien público, y hacen que sea necesaria una importante absorción de inversiones como prerequisito para la difusión. La mejor manera de entender esos atributos es a la luz de las ideas de trayectoria tecnológica y la naturaleza *acumulativa* del cambio tecnológico (véase capítulo 1, *REDES*, No. 6) a nivel de la empresa, el país o el mundo. Estas ideas reflejan la importancia de los procesos del aprendizaje. El avance tecnológico no es un proceso aleatorio: su dirección resulta definida por la "topografía" de los avances. La mayoría de los avances hoy en día aprovechan la tecnología anterior e incorporan muchos de los rasgos de los productos y procesos desplazados; así, la probabilidad de éxito en la innovación es una función del nivel de los resultados obtenidos (Stiglitz, 1987). En esta situación, los derrames y la difusión no incorporada llevan a altos niveles de inversión intangible por parte de los adoptantes. La demanda de nueva tecnología (el proceso de difusión) actúa como acicate para el lado de la oferta (el proceso de innovación): ambas más bien se complementan, no se sustituyen (OCDE, 1988a).

2. Difusión de tecnología incorporada en los equipos

Esta sección trata una vez más sobre los principales actores y mecanismos, y analiza un concepto distinto de "derrame" vinculado con la estructura del mercado en tanto principal determinante de la medida en que fluyen los beneficios económicos a través de la economía. La discusión luego gira hacia temas específicos de la empresa (la inversión, la estrategia y el momento oportuno en la toma de decisiones) y temas atinentes al

entorno dentro del cual operan las empresas y a las características sistémicas de la innovación. Al concluir la sección, se pasa revista a algunos temas que surgen en la difusión de los productos de consumo.

Actores y mecanismos

La interpretación tradicional del proceso de difusión de tecnología describe el *spread* y la introducción, dentro de los procesos de producción, de maquinarias, equipos y componentes con nueva tecnología incorporada. La difusión incorporada en equipos utiliza este patrón, en el cual unas pocas industrias actúan de *proveedoras* de nueva tecnología. Ellas venden bienes intermedios y bienes de capital tecnológicamente intensivos (manufacturados y no manufacturados) a industrias secundarias, a los consumidores y al gobierno. Todos estos compradores reflejan la demanda de maquinarias, equipos y componentes tecnológicamente intensivos que tienen los usuarios. Las industrias proveedoras pertenecen mayormente al sector manufacturero de I+D intensiva, e incluyen las maquinarias industriales eléctricas, repuestos de aparatos electrónicos y equipos de comunicaciones, productos medicinales y de las industrias científicas y químicas. Reciben un flujo relativamente escaso de I+D incorporada proveniente de otras industrias, y usan principalmente su propia tecnología para mejorar su productividad.

La información sobre los patrones de flujo de tecnologías entre las industrias provienen de varios estudios que hacen uso de tecnologías diversas: sondeos sobre innovación, estudios de datos sobre patentes, estudio de datos sobre compras de bienes intermedios y de inversión tecnológicamente intensivos.

Algunos de los datos más completos reunidos sobre la producción y uso de tecnología provienen de un estudio británico realizado sobre 4.378 "importantes innovaciones técnicas" identificadas por expertos industriales de las 28 industrias pertinentes, entre 1945 y 1983. Sobre la base de entrevistas con expertos y cuestionarios enviados a empresas innovadoras, se identifican las innovaciones importantes que se comercializaron con éxito y se las asigna a una industria innovadora y a una industria que es primera usuaria.⁶

⁶ Si bien a los fines del análisis de la difusión, los datos de SPRU (Robson *etal.*, 1988) son más significativos y confiables que los relativos a patentes porque se refieren tanto a innovaciones patentadas como no patentadas cuyo uso ha sido constatado como medidas de los flujos de tecnología, así y todo tienen li-

El estudio revela que cinco sectores industriales "básicos" -la industria química, de las maquinarias, de la ingeniería mecánica, de los instrumentos y los productos electrónicos- reúnen el 65% de todas las innovaciones. Seis sectores "secundarios" -el de los metales, la ingeniería eléctrica, los astilleros/la ingeniería *offshore*, los vehículos, materiales de construcción y los productos de goma y de plástico- reúnen aproximadamente el 23%, mientras que el 12% restante corresponde a los otros cinco sectores industriales.

Las innovaciones producidas en los sectores básicos son particularmente penetrantes, puesto que se usan en muchos otros sectores. De 26 sectores usuarios, las innovaciones provenientes de los productos químicos y electrónicos hallaron aplicación en 18; las de la ingeniería mecánica en 25, y las de instrumentos en 26. En el Cuadro 2 se brinda a grandes rasgos la composición de los sectores usuarios de innovaciones originadas en los sectores básicos. Allí se ve una proporción mucho mayor de uso fuera del sector industrial para las innovaciones de los productos químicos, de los electrónicos y de los instrumentos para las innovaciones de la ingeniería mecánica y las maquinarias. La proporción de uso no industrial es mayor en la electrónica. A diferencia de los otros sectores básicos, también tiene una proporción relativamente alta de uso intrasectorial, principalmente en la aplicación de componentes electrónicos y de computación en los productos electrónicos.

El patrón de difusión de tecnología entre las industrias también fue analizado con la ayuda de datos sobre compras de bienes intermedios y de inversión tecnológicamente intensivos. Un estudio llevado a cabo por el Departamento de Comercio de los Estados Unidos sobre los flujos de tecnología intersectoriales e internacionales entre los Estados Unidos, Canadá y Japón sirvió para sustentar la difundida idea sobre el papel vital que juegan ciertas tecnologías fundamentales (la mayoría de ellas del rubro de la información), pero también demostró importantes diferencias internacionales en la adopción de maquinarias y equipos de avanzada tecnología (Davis, 1988).

mitaciones. No miden las continuas mejoras adicionales en productos y procesos que los expertos no consideraron innovaciones significativas. Tampoco miden el *know-how* tecnológico no incorporado, transferido en forma de licencias, personal idóneo e información publicada y de otro tipo. Más aún, miden sólo el primer uso declarado de las innovaciones significativas, y no brindan un panorama amplio de su aplicación total, siendo que los usuarios subsiguientes pueden ser distintos de los primeros, y posiblemente más importantes también. La otra seria advertencia respecto de la información tiene que ver con el período 1945-1983 que se cubre. Dichas décadas corresponden al anterior régimen tecnológico y al comienzo de la transición que se produjo desde fines de los años setenta para pasar al que ahora transitamos.

Cuadro 2. Sectores de uso de innovaciones provenientes del "sector básico
1945-1983

Porcentaje de uso total

	Uso propio	Otra industria	No industrial	Primeros tres sectores de USO
Ingeniería mecánica y maquinarias	14,2	58,1	27,7	Textiles (19,8) Minería (11,5) Ingeniería eléctrica (10,2)
Productos químicos	24,9	32,1	43,0	Salud (24,9) Textiles (13,1) Agricultura (6,3)
Instrumentos	9,9	47,9	42,2	Textiles (9,9) I+D (9,7) Salud (8,4)
Productos electrónicos	37,4	11,7	50,9	Defensa (10,1) Equipamiento de empresa (8,4) I+D (7,6)
Total muestra	30,5	34,0	35,5	
<i>Fuente:</i> SPRU (1984)				

El estudio dejó en evidencia que una gran proporción de la tecnología total incorporada en el producto global (para exportaciones o uso local) corresponde a insumos tecnológicos indirectos incorporados en los insumos intermedios y de capital "hacia arriba". Más aún, la importancia relativa de los insumos de tecnología directa (basados en la innovación) a los de indirecta (basados en la difusión) difiere ampliamente entre los países. Por ejemplo, en el Japón los insumos de tecnología indirecta (nacionales) alcanzaron en 1984 el 75% de los insumos directos, mientras que en los Estados Unidos fueron de aproximadamente el 50%. Esto sugiere que las

industrias japonesas dependen más de la tecnología proveniente de importantes fuentes de tecnología indirecta, y al mismo tiempo son también más capaces de difundir la tecnología por los sectores industriales. Canadá, entretanto, depende en gran medida de la difusión nacional de tecnología incorporada en importaciones de bienes intermedios y de capital. El estudio señala, así, la importancia de la difusión de tecnología para dar sustento a la competitividad. También subraya la necesidad de crear medidas más significativas de *intensidad de tecnología* que incorporen la innovación (I+D efectuada dentro de una industria) y difusión (I+D efectuada en otras industrias nacionales o del extranjero, e incorporados en maquinarias y equipos) para poder tomar fundadas decisiones sobre política.⁷

La estructura de mercado y un concepto diferente de derrame

El mecanismo mediante el cual la tecnología incorporada en equipos creada en un país se extiende (*spread*) a otras involucra un segundo tipo de derrame.⁸ Tiene que ver con los precios que pagan las industrias usuarias, o que pagan los consumidores, por productos de I+D intensiva. El tema es saber si los precios a que los usuarios adquieren los insumos de I+D intensiva reflejan adecuadamente los cambios en el valor de uso, o productividad marginal, de los productos básicos.⁹ Si los productos se les

⁷ La metodología empleada en el estudio de Davis (1988) trató de reflejar la importancia de la difusión de tecnología incorporada; sin embargo, el argumento sobre la necesidad de crear herramientas que midan los flujos de tecnología se aplica igualmente a la difusión de tecnología no incorporada. En un sentido más general, no es fácil identificar separadamente, en el trabajo empírico, los flujos de tecnología incorporada y no incorporada, máxime porque ambos tipos de difusión pueden producirse entre las industrias y dentro de ellas también. Aquí lo importante son los vínculos particulares usados en el análisis. Así, el uso de flujos de compras de insumos sugiere que se capta principalmente -aunque no exclusivamente- la difusión no incorporada. A la inversa, el hecho de analizar la íntima relación que tienen las empresas dentro del espacio tecnológico, o de calcular directamente el efecto que produce la I+D de otra empresa sobre los costos de alguna en particular, se acerca más a lo que es identificar los derrames de conocimiento, y por ende a la difusión no incorporada. Los flujos de patentes son más problemáticos. Cuando se los usa como portadores de I+D y con el fin de definir la "*technological closeness*", se acercan más a lo que es identificar los vínculos originados en derrames de conocimiento. Sin embargo, cuando se los usa como sustitutos de las compras de insumos, ellos también captan algunos de los flujos de difusión incorporada.

⁸ A menudo, en la literatura y en las discusiones sobre política se lo confunde con el derrame de conocimiento que ya hemos tratado. La distinción entre ambos tipos de derrame la traza Griliches (1979).

⁹ Aquí hay también un problema técnico relacionado con la medición real de la productividad total por factores. En el cálculo que los estadígrafos realizan sobre los índices de precios, los nuevos productos suelen

venden a las industrias usuarias o a los consumidores a precios por debajo de su verdadero costo social, los frutos de la labor de I+D pueden ser captados parcialmente por la industria adquirente. Por lo tanto, la I+D llevada a cabo por las industrias proveedoras tendrá efectos colaterales positivos en las industrias usuarias o en función de un beneficio adicional para los consumidores.

La clave en cuanto al tamaño y el efecto de este tipo de derrame reside en la estructura del mercado y la envergadura de las condiciones y barreras oligopólicas para impedir la entrada de las industrias abastecedoras.¹⁰ La competencia determina los precios a los que se venden los insumos de I+D intensiva en las industrias, y, así, qué proporción de los beneficios debidos a la innovación original son captados por los usuarios. Si las industrias proveedoras de innovaciones están concentradas y exhiben fuertes tendencias oligopólicas, podrán cobrar precios altos por su tecnología, captando ellas la mayor parte de sus beneficios sociales. Por otra parte, las presiones competitivas en las industrias proveedoras de innovaciones obligarán a bajar los precios, de modo que el precio al que las industrias usuarias compren los insumos no reflejará cabalmente su valor mediato aumentado. En este caso, la mayor parte del beneficio pasará a los usuarios (Mohnen, 1989).

Desde hace tiempo se reconoce ya el papel que juega la competencia y la naturaleza de las estructuras de la oferta en lo que hace a determinar la velocidad de la difusión tecnológica. Va mucho más allá de los "derrames", y afecta las decisiones relativas al *scrapping* de capital existente y la magnitud de la inversión material e intangible para reemplazar y ampliar la capacidad productiva existente. Así, las presiones de la com-

estar "ligados" en sus precios preliminares con el índice no modificado. Por consiguiente, los ajustes de calidad en el índice de precios reflejan sólo las ganancias particulares originales del inventor, y el excedente (superávit) del consumidor originado por la erosión de la posición original monopólica en el mercado, y no las ganancias sociales totales producidas por el invento. Esta falla de la medición no se limita a los insumos. En muchas industrias del sector de los servicios -por ejemplo, atención de la salud, defensa o educación- no se mide directamente la producción, sino que se la evalúa en función del costo de producir los servicios. Dado que esos sectores dependen en gran medida de los resultados de I+D obtenidos en otra parte, no se mide correctamente el crecimiento de la productividad pese a los cuantiosos beneficios sociales provenientes de I+D indirectos. Estos tipos de problemas en la medición se discutieron ampliamente en junio de 1989, en ocasión de la Conferencia TEP, al brindarse explicaciones sobre "la paradoja de la productividad".

¹⁰ En la moderna teoría económica se remonta a Schumpeter (1947), capítulo 8.

petencia, reales o supuestas, o la falta de ellas, constituyen importantes explicaciones de la tasa de inversión, y de la adopción de nuevas tecnologías.¹¹

En la medida en que como prerrequisito para la innovación haya expectativas de futuras ganancias y cierto grado de poder monopólico, se maximizan los efectos positivos de estos *spillovers* en un entorno donde se equilibra la "zanahoria de la ganancia" o la amenaza competitiva (que conducen a la innovación) con los resultados de la competencia (que conducen a los precios bajos y a la difusión de los beneficios de la tecnología). Más aún, la obtención de cuantiosas ganancias a lo ancho de la economía para el tipo de *spillovers* tratados aquí se asienta en el aspecto de bien público de la tecnología. La tecnología incorporada en un bien en particular no se deprecia con el uso; conserva sus propiedades superiores hasta que es reemplazada por una tecnología mejor. Así, la pérdida (relativa) que sufre la industria innovadora debido a la pérdida de parte de su caudal de ganancias se transforma en un beneficio para todos los usuarios.

El papel que juegan la inversión y la elección del momento oportuno en la adopción

Aun cuando la tecnología incorporada pueda obtenerse en forma de equipos, maquinarias o componentes, será incorporada por las industrias y empresas usuarias sólo cuando se cumplan los siguientes requisitos:

- a) el equipo debe ser adquirido, lo cual implica una inversión (principalmente material, pero también de naturaleza intangible, como por ejemplo la capacitación y reorganización);
- b) el equipo debe ser compatible con las tecnologías ya en uso y con el entorno tecnológico de la empresa, y
- c) la tecnología debe ser fácil de asimilar en cuanto a las normas institucionales existentes y los tipos de destrezas y de capacitación de que dispone la empresa.

Estos factores justifican un análisis ulterior.

Para tomar la decisión de adoptar una nueva tecnología es preciso realizar cálculos de costo-beneficio basándose en las cifras estimadas de costos futuros y rentabilidad de las tecnologías alternativas. La inversión

¹¹ A menudo se ha atribuido el carácter poco progresista de las empresas a enfoques conservadores de la dirigencia desarrollados dentro de estructuras oligopólicas de oferta. Se expone el caso de las empresas norteamericanas en Klein (1979).

en nueva tecnología puede realizarse más pronto y rápidamente cuando la capacidad se está ampliando, y la inversión no depende tanto de la reposición del capital existente. La inversión de reposición (o modernización), por otra parte, se determina según lo rentable que resulte adoptar nuevos equipos comparado con lo que sería continuar con el equipo existente en uso. Como se señaló cuando comenzaba a desarrollarse la teoría de la difusión (por ejemplo, Mansfield, 1968; y Salter, 1960), la adopción de nuevos tipos de equipos con nuevas tecnologías incorporadas puede dilatarse debido a la edad del capital social existente y a la inversión inmovilizada (costo no recuperable de capital). La decisión también implica competencia entre las tecnologías nuevas y las ya existentes (Metcalfe, 1990). Las empresas que han dominado con éxito las viejas tecnologías enfrentan dificultades para superar las limitaciones de destreza y conocimiento inherentes a las tecnologías existentes y para adquirir las nuevas destrezas necesarias a fin de dar un uso provechoso a la nueva.

El momento en que se producen las innovaciones también afecta la difusión. La velocidad y el grado de difusión será afectado por las expectativas de las empresas respecto del camino y el ritmo del futuro cambio técnico y del mercado. En las etapas iniciales de la difusión, el diseño puede ser fluido y técnico, o las normas regulatorias pueden ser inciertas (véase Recuadro 3). Las empresas pueden tener esperanzas de que las innovaciones adicionales mejoren el desempeño, disminuyan los costos y estabilicen las especificaciones técnicas y regulatorias fundamentales de la innovación original. Pueden agregarse opciones que las vuelvan más adecuada a los mercados especializados y que aumenten el espectro de usuarios potenciales. Cuando las características técnicas son inciertas y cambiantes, se modifican los criterios para la toma de decisiones (Silverberg, 1990). Esto es lo que ocurre en particular cuando se produce una desviación radical con respecto a una trayectoria tecnológica bien sentada.

Los primeros adoptantes de las innovaciones son usuarios dispuestos a correr riesgos y que, una vez que alcanzan un número considerable, crean una "masa crítica", patrón que los últimos adoptantes pueden usar para medir los beneficios de la adopción. Es necesario que haya una rápida formación de masa crítica para que las innovaciones generadas en el extranjero se extiendan (*spread*) a los mercados nacionales, porque de este modo se puede medir la rentabilidad comparándola con el riesgo. Esto rige sobre todo para las innovaciones radicales, como por ejemplo las comunicaciones de avanzada que exigen una revisión total de las aptitudes y de las rutinas institucionales. Los costos de la adopción pueden calcularse más fielmente a través de las observaciones que aporta un gran

Recuadro 3. Problemas para definir y fijar normas

El tema de las normas técnicas es sumamente complejo, y pocas personas -aparte de quienes se ocupan de "hacer normas"- comprenden acabadamente los procesos y restricciones que la labor involucra. Las normas juegan un papel central en cuanto hace a definir las fronteras de determinada trayectoria tecnológica. Garantizan la homogeneidad funcional de sus componentes y, en muchos casos, constituyen el medio mediante el cual se tienden puentes hacia otras trayectorias (y ocasionalmente se las fusiona). Por tanto, son una forma de garantizar que haya compatibilidad entre productos: el tamaño de una hoja de papel afecta la forma y el tamaño del sobre, y el sistema operativo de una computadora definirá la elección del *software* que se pueda usar. La mejor manera de lograr la compatibilidad es conviniendo normas, ya sea en forma explícita o implícita.

Existen varios tipos de normas. Algunas garantizan la compatibilidad (normas de interconexión); otras definen la cantidad (el metro), la calidad (los niveles permitibles de contaminación) o los niveles de seguridad (cantidad de aditivos permitidos en los alimentos). Lo más habitual es que las fijen los cuerpos regulatorios gubernamentales como de leyes de cumplimiento forzoso para todas las industrias. Puede ser que abran nuevas áreas tecnológicas, como fue el caso cuando las reglamentaciones ambientales produjeron la creación de nuevas industrias y tecnologías. También pueden limitar el espectro de la innovación y relegar las tecnologías a trayectorias con escaso o ningún potencial para el desarrollo. Por consiguiente, la implementación de normas requiere mecanismos adecuados para analizar y prever sus posibles repercusiones.

La inveterada maquinaria de fijación de normas constituye una empresa monumental, que emplea probablemente más de 150.000 expertos por año en el mundo entero. Se apoya en gran medida en la participación del gobierno, de la industria y -aunque aún en una medida muy limitada- de grupos de usuarios. La tarea de definir normas se asienta en la interacción de diversos intereses, y las decisiones suelen tomarse por consenso. A veces se producen cambios como consecuencia de los avances tecnológicos, de modificaciones en las condiciones del mercado o de cambios que se presenten en la fuerza de los actores. El sistema no necesariamente produce la mejor solución posible. No hay garantía de que se hayan tomado en cuenta todos los intereses más importantes de corto y largo plazo, y el hecho de que las normas resulten en general benéficas no necesariamente implica que *todos* se beneficien con ellas. Esto ha estimulado el debate sobre el papel que deberían jugar los gobiernos dentro del proceso de fijación de normas (ODCE, 1991b); sin embargo, queda aún por definir las formas que podría adoptar esta acción.

número de usuarios. La mera existencia de esta masa crítica acentúa el potencial de rentabilidad porque crea un acervo mayor de mano de obra calificada, mejor asistencia técnica y la comprensión general de la nueva tecnología que se obtiene del "aprender usando". Así, a medida que se vaya adoptando la innovación original y se vayan alcanzando umbrales o masas críticas de difusión, irá cambiando la tasa de adopción.

Asimismo, ciertas consideraciones estratégicas también son vitales para la tasa de adopción de tecnología nueva (incorporada o no incorporada). A fin de obtener una primacía competitiva, una empresa puede recurrir a estrategias de seguir a un líder (*leader-follower*). Puede también demorar la adopción de nueva tecnología hasta que alguna empresa innovadora rival haya solventado los gastos que insume la curva de aprendizaje. Puede demorarse con el fin de aplicar una estrategia de "saltos de rana" (adelantarse uno a otro) en un mercado intensamente competitivo.¹² Así, el retraso en la adopción bien puede ser sensato (Metcalfe, 1990).

La elección del momento oportuno en la adopción también resulta afectada por las estrategias de las firmas proveedoras. En realidad, los índices de costo/beneficio y rentabilidad de la difusión son de dos clases: un grupo pertenece al adoptante, y el otro al proveedor. Así, las curvas de difusión son de hecho resultado de dos procesos: uno tiene que ver con la creación de un mercado para la tecnología y el otro con la creación de la capacidad de abastecer ese mercado. Más aún, lo importante es la rentabilidad relativa de las tecnologías que compiten, no su rentabilidad absoluta. Durante el proceso de difusión, eso cambiará bajo la influencia de cambios en el suministro de tecnologías competidoras y en su entorno de difusión. Aun en el caso especial de que exista una capacidad suficiente para hacer frente a la tasa máxima de demanda de determinada innovación, los factores de la oferta (las decisiones sobre política de precios y tasa de producción) pueden influir sobre la inversión en nuevas tecnologías, y, por ende, en el proceso de difusión.

Las asimetrías en los patrones de inversión y adopción también se deben al hecho de que las empresas difieren en su capacidad de evaluar y financiar nuevas tecnologías, y de apropiarse de los beneficios de la adopción. En general, la adopción será más fácil (y la difusión se producirá mucho más de prisa) si las condiciones externas son favorables. Esto implica contar con capital de bajo costo, y, asimismo, con una adecuada estruc-

¹² Reinganum (1984 y 1989) analiza el impacto de la conducta estratégica y de la búsqueda del momento oportuno para los patrones de difusión (así como de innovación) desde la perspectiva de los modelos de la teoría de juegos en economía.

tura financiera con respecto a la obtención de capital y a la existencia de inversores con mentalidad de largo plazo. No debe subestimarse la importancia de la estructuración de políticas fiscales, que pueden fomentar u obstaculizar la creación de dicho entorno.

Características sistémicas de las tecnologías como factores que influyen en la

Los factores relacionados con las características sistémicas de la tecnología también afectan la difusión incorporada en equipos. La interrelación de muchas tecnologías y los factores externos vinculados con la red forman dos tipos de vínculos. El primero tiene que ver con la producción: las redes o "conglomerados" (*clusters*) tecnológicos son vitales para la producción de muchas innovaciones. El segundo se relaciona con el uso: las redes de usuarios de numerosas tecnologías constituyen un factor crucial tanto en su desarrollo como en su patrón de adopción.

El concepto de *interrelación* refleja la compleja naturaleza de muchas tecnologías de producción en tanto sistemas de múltiples partes interdependientes. Una innovación que cambia una de estas partes puede ser incompatible con el resto del sistema y requerir costosos sistemas para adaptarlo. En toda decisión de inversión, por tanto, es preciso tomar en cuenta estos "costos de interrelación" (Metcalfe, 1990). Cuanto mayor el grado de interrelación dentro de un sistema tecnológico existente, menos probable es que determinada innovación sea compatible con él. Esto ayuda a explicar la importancia cada vez mayor de las innovaciones incrementales menores de los procesos en el curso del desarrollo de los ciclos de vida de sistemas tecnológicos, como, por ejemplo, en la industria automotriz (Abernathy, 1978). La interrelación también ayuda a explicar la "fusión tecnológica": la creación de nuevas tecnologías (con nuevas reglas y procedimientos) mediante la fusión de otras, anteriormente diferenciadas (Kodama, 1990).

El estudio de casos relativos a la difusión de equipos de telecomunicaciones sugiere que la velocidad (tasa) de difusión de nuevas tecnologías en los países resulta afectada por marcados efectos acumulativos de la "interrelación". Los que llegan tarde (países que demoran en la adopción) con niveles menores de penetración -cantidades más pequeñas de bienes de capital innovativo que incorporen la nueva tecnología- también pueden tener menores índices de difusión. Esto se debe a que resulta difícil obtener toda la información y destrezas pertinentes para las tecnologías basadas en la información sin que previamente se haya alcanzado cierto nivel de interrelación con otros usuarios.

En un sentido más general, las innovaciones rara vez funcionan aisladamente. La productividad de cada innovación depende de la posibilidad de obtener tecnologías complementarias (Rosenberg, 1982). Es de capital importancia basarse en los efectos de la interrelación y en aspectos complementarios entre las empresas para garantizar que haya patrones aptos de difusión. Un reciente estudio sobre el rendimiento industrial calificó a esa complementación intersectorial como un factor fundamental (Amable y Mouhoud, 1990). Se comprobó que países como Alemania y Japón se benefician enormemente de la complementación entre las tecnologías de la información y las industrias de tecnología mediana que utilizan innovaciones de TI como insumos de producción (principalmente las industrias de ingeniería mecánica y eléctrica). Italia se beneficia de la complementación entre industrias de tecnología muy inferior, como la textil, e industrias proveedoras de equipos vinculados a ella. Por otra parte, la existencia de "islas" de alta tecnología, separadas del resto de la base industrial, retarda la difusión y crea problemas estructurales para otras industrias: los ejemplos que se ofrecieron fueron el de los Estados Unidos (con el aeroespacio) y Francia (aerospacio y productos químicos).

La utilidad de muchas tecnologías (y en consecuencia los beneficios provenientes de la adopción, así como provenientes de un ulterior desarrollo) aumenta sencillamente porque aumentó el número de usuarios (Foray, 1990a). Los efectos de esos "factores externos de las redes" son particularmente evidentes en innovaciones tales como las de los equipos y servicios relacionados con las telecomunicaciones, donde ha surgido como factor preponderante la idea de costos de adopción como algo distinto del mero costo de compra (el precio de mercado de los nuevos bienes de capital). Estos costos dependen de la conducta que tengan otras empresas (la tecnología que adopten) y de la penetración de la tecnología dentro de determinado país o región más amplia. A medida que aumenta la cantidad de adoptantes, también aumenta la disponibilidad de mano de obra capacitada. Declinan, entonces, los costos de los repuestos y mejora el aprendizaje colectivo.

El análisis de los rasgos de red distintivos de las nuevas tecnologías debe asentarse en la comprensión del papel que en general juegan los factores externos en la adopción de bienes de capital que incorporan innovaciones. El concienzudo análisis del esquema de adopción y difusión de una amplia variedad de tecnologías sugiere que los elementos externos de la red -o, dicho de manera más general, las "extemalidades dinámicas"- constituyen un factor en muchos casos (ver Antonelli, 1991 *b*). Las extemalidades dinámicas se caracterizan por su interrelación técnica y su complementación vertical en los mercados hacia atrás. En el caso de las

telecomunicaciones de avanzada, la difusión de la conmutación digital y la eficiente transmisión de datos permiten a los fabricantes crear eficaces innovaciones institucionales, tales como las técnicas "*just-in-time*", que reducen los costos de almacenaje y afines. Las externalidades dinámicas parecen ser especialmente intensas a nivel regional, debido a este estrecho entrelazado de innovaciones de producto y de proceso, y a la eficiencia correspondiente. Esto sugiere que también existe una "geografía de las externalidades" o una dimensión "espacial" de las tecnologías, sus productores y sus usuarios, que a su vez contribuye a conformar la futura generación y difusión de tecnología.

La difusión de productos de consumo

Salvo unas breves referencias, hemos omitido en gran medida mencionar la difusión de productos de consumo. Si bien muchos de los factores y obstáculos bosquejados también rigen para este tema, la importancia de que los usuarios adopten innovaciones y las características del proceso merecen un tratamiento aparte.

El primer punto a tener en cuenta es la demanda de progreso tecnológico por parte del consumidor. Los nuevos productos se originan y sobreviven sólo en la medida en que haya para ellos una demanda suficiente. Los consumidores brindan el estímulo para la invención de nuevas tecnologías y el necesario intercambio de información y experiencia para que ellas puedan continuar su evolución y adaptación. Un grupo de usuarios con necesidades versátiles obliga a las empresas a diversificar sus productos y a adaptarlos al cliente, lo cual a su vez las fuerza a innovar, ya sea poco a poco o más radicalmente. El modelo interactivo de innovación descripto en el capítulo 1 demuestra que la absorción de productos de demanda final brinda el necesario *feedback* (retroinformación) para que se produzca la creación y oferta de innovaciones.

Los consumidores juegan, pues, un importante papel en la selección económica y social de tecnologías y en determinar la dirección del cambio técnico. Sin embargo, hay algunas diferencias fundamentales entre empresas y consumidores en tanto usuarios de las innovaciones. Las empresas suelen tener necesidades bien definidas; esto les permite centrar la mira en ciertas relaciones usuario-producto e influir activamente sobre la actividad innovadora. Los consumidores, por el contrario, reparten su atención entre muchos productos básicos y muchas potenciales relaciones con el usuario. Además, a ellos les interesan mucho más los beneficios de corto plazo. En consecuencia, pueden jugar un papel apenas pasivo y reactivo

en el proceso innovador, y sus elecciones a menudo pueden traducirse en la adopción de tecnologías intrínsecamente inferiores.¹³

En los últimos tiempos, diversos autores analizaron las repercusiones de este fenómeno y los riesgos conexos de "bloqueo" (*lock-in*) que conllevan ciertas elecciones tecnológicas en particular (por ejemplo, Arthur, 1988; Foray, 1990b y David, 1987). Tal como se expuso en el capítulo 1, los argumentos se basan en las características sistémicas de algunas tecnologías y los efectos que se producen al aumentar el rendimiento gracias a ciertos elementos externos de la red: por ejemplo, los beneficios de contar con un aparato de fax aumentan con el número de usuarios. Asimismo, a medida que aumenta la cantidad de usuarios, también lo hace la cantidad y calidad de los productos complementarios. Así, el aumento del número de propietarios de determinado tipo de videograbador lleva a una disminución del costo y a un aumento de la variedad de cintas posibles de usar con dicho aparato. Sin embargo, aquí una vez más las opciones tecnológicas que perduran y se difunden rápidamente debido a los "efectos de red" no necesariamente son resultado de una búsqueda y evaluación consciente de todas las técnicas disponibles (véase Recuadro 4).

3. La importancia económica de la difusión tecnológica

Esta sección encara tres cuestiones recurriendo a una cantidad de casos empíricos representativos. La primera es la diferencia entre tasas privadas y sociales de rentabilidad para la innovación. La segunda es la transferencia de productividad a causa de los flujos de difusión incorporada a los equipos partiendo de una industria innovadora a industrias usuarias. Por último, se analiza brevemente la interacción de oferta y demanda de nueva tecnología, es decir, el efecto de la difusión no incorporada e incorporada sobre los incentivos para el desarrollo tecnológico. Esto permite analizar si la innovación y la difusión deberían considerarse actitudes sustitutas o complementarias.

Tasas sociales y privadas de rentabilidad para la innovación

Antes de invertir en I+D O en otros bienes intangibles con el fin de elaborar un nuevo producto o proceso, las empresas realizan algún cálculo de

¹³ Véase Lundvall (1991) si se desea ampliar la información sobre este tema.

Recuadro 4. Normalización del teclado de la máquina de escribir

El hecho de que el teclado QWERTY haya quedado instituido como norma en las máquinas de escribir, y ahora en los procesadores de texto, de lengua inglesa constituye un ejemplo clásico de "bloqueo" (o *lock-in*). A principios del proceso de difusión (década de 1880), existían diversos tipos de teclados en el mercado. A fines del siglo, predominaba el QWERTY, pese a que se reconocía que no era el más eficiente. Al relatar la historia de QWERTY, David (1986) lo atribuye a una combinación de casualidad histórica y mecanismos de autoimposición: la enseñanza de dactilografía al tacto se había hecho con teclados QWERTY; la existencia de un número cada vez mayor de mecanógrafos diestros en ese teclado volvió redituable para el usuario adquirir máquinas que incluyeran ese sistema, y, por último, puesto que los usuarios preferían ese tipo de teclado, los proveedores optaron también por él.

La historia de QWERTY subraya los costos y beneficios de la normalización (contar con una única tecnología que domine el mercado) y el papel potencial de la intervención del público. Los beneficios tienen que ver con la explotación de las economías de escala y elementos externos de red y con brindar una flexibilidad adicional a los consumidores cuando, por ejemplo, se les permite mezclar y armonizar componentes de estéreo (véase Cowan, 1991). Los costos surgen para los usuarios que adoptaron la tecnología no estándar y debido a la resultante pérdida de variedad. Más aún, el mercado puede no elegir la norma adecuada, con lo cual los costos de normalización podrían llegar a ser superiores. El hecho de anclarse en una tecnología inferior puede obstaculizar la capacidad de avanzar por un sendero tecnológico más promisorio en el futuro.

costo-beneficio. En su forma más sencilla, calcular los ingresos provenientes de una innovación supone crearse expectativas respecto de las futuras ganancias, deducidos los costos de producción y comercialización de la innovación, y después de deducir también lo que el innovador habría ganado con los productos que la innovación desplaza. Deben realizarse ajustes para el caso de una I+D no exitosa. Las empresas realizarán las necesarias inversiones si se convencen de que el rendimiento neto será positivo.

Esta simplificada regla soslaya muchas de las incertidumbres y riesgos vinculados con tales inversiones. Tampoco toma en cuenta los aspectos dinámicos del cambio tecnológico, ni otros aspectos estratégicos. Por ejemplo, tal vez sea imposible crearse expectativas respecto de un período óptimo de reembolso de fondos al margen de la estructura del mercado, y respecto de estrategias para la fijación de precios sobre los cuales

calcular las inversiones (véase Silverberg, 1990). Del mismo modo, la continua evolución de las características de las innovaciones que se van difundiendo complica la evaluación de los futuros beneficios a causa de la comercialización. La falta de información sobre lo rápido que serán imitadas las tecnologías también dificulta hacer los cálculos de probabilidades. Por último, bien puede ser que las empresas estén dispuestas a invertir en desarrollar una nueva tecnología incluso si los futuros rendimientos se prevén negativos, ya sea para mantener su participación en el mercado o para acompañar futuros desarrollos tecnológicos de determinado sector.¹⁴

Sin embargo, sencillas reglas empíricas permiten calcular los ingresos privados a obtenerse de innovaciones específicas y compararlos con lo que serían los ingresos sociales, los cuales incluyen los beneficios netos que obtienen los usuarios de la innovación luego de su desarrollo original. Sin embargo, estos ingresos sociales son aún más difíciles de calcular que los privados. Una manera sencilla consiste en cuantificar los ingresos sociales sumándole al rendimiento privado neto el cambio en el excedente de consumo debido a los precios más bajos y las ganancias de los innovadores, y restándole los costos en que incurran los consumidores o las empresas (que no sean la empresa innovadora). Ciertos estudios han sacado en conclusión que el rendimiento social proveniente de I+D (especialmente en investigación básica) es significativo y muy superior al rendimiento privado, puesto que sólo una fracción de los beneficios de invenciones queda en manos del inventor o de la empresa innovadora aun cuando existan derechos de patente.

En el estudio quizás más conocido sobre el tema, Mansfield y sus colaboradores determinaron que en los Estados Unidos las empresas que adoptaron nuevos productos o procesos obtuvieron un rendimiento medio de un 56%, comparado con el 25% que lograron las empresas que desarrollaron y comercializaron las innovaciones. Más aún, en muchos casos, el rendimiento obtenido por las empresas que desarrollaron la innovación fue tan bajo, "que cualquier empresa que tuviera una visión retrospectiva no habría invertido jamás en la innovación". Sin embargo, en esos mismos casos, el rendimiento obtenido por la difusión fue tan alto que, desde el punto de vista de la sociedad, la inversión bien valió la pena (Mansfield *et al.*, 1977, y Mansfield, 1985). Este tipo de resultado se ha corroborado ampliamente. Por ejemplo, un estudio donde se pasó revista a los efectos

¹⁴ A menudo se ha usado este argumento para justificar las inversiones no rentables en áreas tales como la de los semiconductores, donde hay repetidas ruedas de competencia; por ejemplo, los chips de memoria de 16Ky 256K.

de la difusión en el rubro de las computadoras en los Estados Unidos calcula que entre 1958 y 1972 el beneficio de adoptar macrocomputadoras en el sector de los servicios financieros fue de por lo menos cinco veces el volumen de lo que se gastó en él en 1972 (Bresnahan, 1986).

Este tipo de diferencia entre tasas de rentabilidad privadas y sociales de la innovación se origina en las características del proceso de difusión de tecnología incorporada y no incorporada que hemos expuesto. El carácter de bien público de muchas innovaciones vinculadas que producen derrames de conocimiento implica que el beneficio para la sociedad excede el beneficio neto obtenido por las empresas que desarrollan nuevas tecnologías. En la sección 4 se pasa revista a las implicaciones de política de este fracaso de mercado.

Difusión de tecnología y transferencia de productividad

Ciertos estudios como el de Mansfield cuantifican la brecha existente entre las tasas de rendimiento privado y social de las innovaciones sin identificar explícitamente los vínculos inter o intraindustriales a través de los cuales se realiza la difusión tecnológica. Un segundo grupo de estudios analiza las implicaciones económicas de la difusión exhibiendo explícitamente los canales de transmisión de tecnología a través de las industrias.¹⁵

¹⁵ El análisis del vínculo entre innovación tecnológica y productividad a menudo ha servido de estímulo para intentar crear una forma de medir la tecnología incorporada en equipos. Reconociendo la importancia que reviste para la productividad la tecnología incorporada en la adquisición de bienes intermedios y bienes de capital, riarios autores usaron la I+D incorporada con el fin de evaluar la importancia de la tecnología para los movimientos de largo plazo de la productividad. Más particularmente, esto implicó analizar la posibilidad de que un ritmo más lento en la generación o difusión de nueva tecnología haya contribuido a volver más lento el ritmo de la productividad de factor total (PFT). Otros estudios se centraron en desenmarañar el efecto que la I+D directa incorporada en productos tiene sobre la productividad de una industria, o bien en medir la productividad marginal de los gastos en I+D o la tasa de rentabilidad de las inversiones en I+D. La metodología aplicada en dichos estudios por lo general ha sido la de introducir (en un marco de función de la producción) una medida de la tecnología incorporada como un insumo dentro del proceso de producción, junto con el *stock* de tecnología o los gastos en actividades innovadoras que la empresa (o industria) tiene acumulado. Esta medida de la tecnología incorporada explica el *stock* exterior o "prestado" de conocimiento que aprovechan las empresas mediante sus compras de maquinarias y equipos tecnológicamente intensivos, o bien a través de su conducta imitadora. Esto, por ejemplo, permite estimar cuánto aporta (como bienes intermedios y de capital incorporados) la I+D de las industrias proveedoras al crecimiento de la productividad de una industria usuaria. Tanto las matrices de flujo de tecnología basadas en las relaciones insumo-producto como las matrices de concordancia de patentes se han usado con el fin de estudiar los flujos de I+D incorporada y estructurar medidas de tecnología incorporada.

Los estudios que se centran en los efectos de la difusión tecnológica sobre la productividad sostienen que la productividad de la industria a menudo depende más de la tecnología desarrollada en otra parte que en la propia innovación. Tempranos estudios efectuados por Terleckyj indican que la tasa de rentabilidad sobre I+D incorporada en bienes adquiridos a otras industrias, en los Estados Unidos, era casi el doble que la tasa de rentabilidad con respecto a I+D propia; estos hallazgos fueron confirmados por subsiguientes trabajos, que también revelaron marcadas diferencias entre industrias.¹⁶ Un reciente trabajo de la OCDE que brinda información sobre 16 industrias de seis países entre 1970 y 1983 señala que, para comprender el crecimiento de la productividad de factor total (PFT) a nivel de la industria, es importante analizar la industria que usa la nueva tecnología, así como la industria que la creó. El estudio también encuentra amplias discrepancias en el flujo de nueva tecnología hacia las industrias, y sostiene que el sector no fabril se beneficia menos que el fabril. Por último, los grupos pertenecientes al sector fabril, químico y de las maquinarias, donde se concentra ampliamente el uso de I+D y que contienen las industrias de la más alta tecnología, evidencian una respuesta muy intensa de crecimiento de PFT gracias a la I+D obtenida por difusión de otras industrias (como también a sus propios gastos en I+D) (Englander *et al.*, 1988).

El efecto de la difusión de tecnología sobre la productividad industrial no se limita al impacto de las compras de insumos intermedios y de capital, tecnológicamente intensivos. La tecnología desarrollada en una industria puede afectar la productividad de otras industrias a través de los *spillovers* de tecnología. Dichos *spillovers* no incorporados, producidos entre industrias, pueden repercutir sobre la productividad de la industria usuaria aun si los precios a que se venden los insumos entre las industrias reflejan la mejora de su calidad. Goto y Suzuki (1989) estudiaron las industrias electrónicas japonesas para determinar si en ellas la innovación también contribuyó al crecimiento de otras industrias que usan tecnología electrónica en sus procesos de producción. Con sorpresa comprobaron que, pese a que los precios de los productos electrónicos han caído enormemente al tiempo que ha mejorado mucho la calidad, no había nada que relacionara la tasa de crecimiento de la productividad total de las indus-

¹⁶ Hanel *et al.* (1986) evalúan la tasa de rendimiento de I+D prestada correspondiente a doce sectores manufactureros de Canadá durante el período 1971-1982 como el doble de la tasa de la propia I+D. Griliches y Lichtenberg (1984) analizaron una muestra de 193 industrias fabriles norteamericanas y llegaron a la conclusión de que la I+D incorporada en insumos adquiridos produce un impacto mayor sobre el crecimiento de la productividad de factor total que la propia I+D (de proceso y producto).

trias fabriles con el ingreso de I+D incorporada en bienes intermedios y de capital adquiridos a industrias relacionadas con la electrónica. Sacaron en conclusión que la razón de esta aparente paradoja era que su metodología no podía captar los efectos sobre la productividad debido a la difusión no incorporada a través de derrames de conocimiento.

Al adoptar una tecnología basada en la *proximidad tecnológica*¹⁷ de las industrias y no en la compra de insumos de una a la otra, Goto y Suzuki pudieron demostrar que el impacto de la tecnología electrónica sobre el crecimiento de la productividad de otras industrias se lograba principalmente a través de la compra de bienes intermedios y de capital que incorporaban la tecnología electrónica. Las industrias cuya posición tecnológica era similar a la de las industrias relacionadas con la electrónica pudieron explotar la tecnología desarrollada mediante la actividad de I+D de las industrias relacionadas con la electrónica, con el fin de flexibilizar más sus procesos de producción y/o de fabricar ellos mismos los productos relacionados con la electrónica.¹⁸

Otros estudios han confirmado los efectos de reducción del costo y aumento de la productividad que tienen los *spillovers* de conocimiento tanto intra como intersectoriales. Bernstein (1989) calculó los efectos de los *spillovers* intra e interindustriales de siete industrias canadienses (de

¹⁷ La metodología se basa en el trabajo de Jaffe (1986) siguiendo una idea propuesta originariamente por Griliches. Jaffe usa los datos sobre patentes y desarrolla el concepto de *distancia tecnológica*. Da por sentado que las empresas que patentan dentro de la misma clase de patente son tecnológicamente similares, y que la medida de la similitud la brinda la correlación de los vectores de posición de las industrias dentro de un "espacio tecnológico", donde cada elemento del vector de posición tecnológica de cada sector es la fracción de los gastos en I+D dentro de un área tecnológica en particular.

¹⁸ Cabe hacer notar que no siempre es fácil identificar separadamente los *spillovers* de I+D incorporados y los *spillovers* de conocimiento en el trabajo empírico. Puesto que ambos tipos de *spillovers* pueden producirse tanto entre las industrias como dentro de ellas mismas [dándole a la palabra "industria" el sentido que le da la Standard Industrial Classification (sic)], trazar una distinción entre *spillovers* intra e interindustria no sirve de ayuda. La clave reside en los vínculos particulares adoptados para el análisis. Así, el hecho de utilizar las transacciones sobre insumos intermedios como valor relativo para la I+D de otras industrias al investigar los *spillovers* interindustrias o los flujos de innovación sugiere que uno está observando una difusión incorporada en equipos; en cambio, para identificar los *spillovers* de conocimiento, mucho más útil es analizar la posición dentro de un espacio tecnológico o realizar el cálculo directo (econométrico) de cómo los costos de una empresa o industria resultan afectados por la I+D realizada en otras industrias. Los flujos de patentes son más problemáticos. Cuando se los usa como portadores de I+D con el fin de definir la "proximidad tecnológica", sirven más para identificar los vínculos debidos a los *spillovers* de conocimiento. Sin embargo, cuando se los usa como sustitutos de las compras de insumos, también captan algo del *spillover* debido a la estructura del mercado y a una incorrecta medición del precio.

los rubros alimentos y bebidas, pulpa y papel, metalúrgico, maquinaria no eléctrica, fabricación de aeronaves y sus repuestos, productos eléctricos y productos químicos). Llegó a la conclusión de que ambos tipos de *spillover* afectan los costos de producción, y que los *spillovers* interindustria ejercen una mayor presión descendente sobre los costos de producción que los *spillovers* intraindustrias. Levin y Reiss (1984 y 1989) sostienen que la proporción de *spillovers* es mayor en los procesos que en los productos, y que varía considerablemente entre las industrias (las industrias electrónicas al parecer tienen *spillovers* notablemente superiores a los de las demás). También se hizo hincapié en la importancia de los diversos canales de *spillovers* por sus efectos sobre los costos y la productividad.

Así, los estudios empíricos demuestran que la productividad de factor total depende no sólo de los gastos relacionados con tecnología que hagan las industrias en forma directa, sino también de la tecnología que emplean las empresas usuarias y que fue desarrollada en otra parte. El efecto de la difusión sobre la productividad, por tanto, se produce tanto a través de las compras de maquinarias, equipos y componentes tecnológicamente avanzados (difusión incorporada en equipos) así como mediante el sencillo recurso de "pedir prestadas" ideas, *know-how* y conocimientos especializados (difusión no incorporada).

La difusión y los incentivos para innovar

El trabajo empírico que determina que la difusión de tecnología no incorporada mediante *spillovers* de conocimiento produce un importante efecto sobre la productividad industrial lleva a plantearnos cómo este tipo de difusión tecnológica afecta los incentivos para innovar. El hecho de que las empresas aprovechen el conocimiento desarrollado en otra parte, ¿disminuye sus propios incentivos para innovar? En una palabra, ¿la innovación y la difusión son actividades sustituibles o complementarias? Con el fin de dar respuesta a estos interrogantes, en los últimos años se ha publicado una extensa literatura sobre la base de sondeos del impacto que los *spillovers* de conocimiento no incorporado producen sobre los cálculos (enconométricos) de producción y funciones de costo.¹⁹

¹⁹ Esta literatura empírica pone a prueba una cantidad de hipótesis planteadas en modelos estilizados de innovación en ambientes caracterizados por los *spillovers*. De éstos, Spence (1984) demuestra analíticamente cómo los *spillovers* pueden desalentar la innovación. Papaconstantinou (1991) brinda un marco conceptual para demostrar que los *spillovers* pueden fomentar o desalentar la innovación según el grado de complementariedad que haya entre la investigación practicada por rivales y según su conducta estratégica.

Al plantearse la cuestión de si la difusión de tecnología no incorporada "expulsa" la innovación tecnológica, los indicios son de diverso tipo y específicos de cada industria. Bernstein y Nadiri (1989) brindan algunos datos que sustentan la tradicional idea sobre los efectos desincentivadores de los *spillovers*. En un muestreo de cuatro industrias norteamericanas (de productos químicos, petróleo, maquinarias e instrumentos) observaron que la demanda de capital de I+D (y de capital físico), tanto de corto como de largo plazo disminuía respondiendo a un aumento del *spillover* intraindustrial. No hallaron efecto complementario alguno entre los *spillovers* intraindustria y la propia I+D de las empresas. Más bien, la I+D propia y apropiada parecen ser sustitutos, y las firmas suelen reemplazar la innovación con difusión.

Utilizando una metodología y un conjunto de datos diferentes, Bernstein (1989) deduce que la respuesta de las firmas frente a los *spillovers* intraindustrias depende de la naturaleza de la industria dentro de la cual operen. Las empresas que se mueven dentro de industrias con una propensión relativamente baja a invertir en I+D tienden a usar la I+D de los rivales en lugar de la propia. A la inversa, las industrias con una propensión relativamente alta a la I+D muestran una relación complementaria entre la I+D propia y la de las rivales. Aquí, la difusión no incorporada, debida a los *spillovers*, produce un efecto positivo en cuanto a incentivar la demanda de I+D. En cierto sentido, la innovación y la difusión suelen ser actividades complementarias en las industrias donde los gastos en I+D representan una herramienta competitiva.

Valiéndose de datos de mediciones y análisis de conglomerados, Levin (1988) arriba a similares conclusiones. Según afirma, las industrias que exhiben niveles más altos de *spillovers* (principalmente las electrónicas) también tienen tasas de innovación superiores a las de las industrias que emplean su propia I+D. SUS hallazgos sustentan la hipótesis de que los *spillovers* conducen a un rápido progreso técnico, pero no la hipótesis de que desalientan la inversión en I+D. Más aún, sugieren que la razón de esta complementariedad entre innovación y difusión puede encontrarse en algunas de las características sistémicas del progreso tecnológico tratadas en este mismo capítulo. En la medida en que las tecnologías son acumulativas, con cada avance que se asienta en anteriores hallazgos, existe una importante complementariedad entre la investigación llevada a cabo por determinada empresa y la que realizan otras empresas de la misma área tecnológica. Como respuesta a un flujo de tecnología que se difunde, las empresas suelen intensificar su propia labor de innovación, con el fin de poder absorber el conocimiento externo y, en un sentido más general, de seguir el paso de los descubrimientos futuros.

4. Algunas conclusiones de política

La manera más sencilla de describir los fenómenos de difusión es considerándolos una propagación de tecnología desde la fuente de emisión a la recepción por medio de los usuarios. Sin embargo, el abandono del esquema lineal de innovación apunta a una constante interacción entre emisor y receptor, y al hecho de que, al ser absorbida, la tecnología se transforma. La política puede estar motivada por problemas u obstáculos relativos a los *spillovers* o a la *absorción*.

Las políticas vinculadas con el fenómeno del spillover

Un punto de partida para la creación de políticas lo constituye el hecho de percibir la brecha que existe entre los beneficios privados y sociales de la innovación, debidos a derrames de conocimiento y a derrames vinculados con la estructura del mercado. Las políticas deben mantener un entorno que concilie dos objetivos: por una parte, el entorno debe ser rico en incentivos de modo que la expectativa de importantes *rendimientos privados* estimule la creación de nuevas tecnologías. Por otra parte, debe tener un alto *spillover* para que las empresas se apropien sólo de una fracción de los beneficios de la innovación, y para que aumenten al máximo los *beneficios sociales* mediante la difusión de tecnología.

Por consiguiente, en el primer caso los gobiernos deben intensificar sus esfuerzos para difundir información sobre nuevos procesos, diseños y tecnologías, para lo cual deben crear centros de información que permitan un fácil acceso a bancos de datos públicos, etc. Esta información a menudo se brinda sólo nominalmente, pues en la práctica la mayor parte de ella no llega a las empresas que podrían usarla. Por eso es que suelen tener más éxito las políticas que realmente acercan la nueva información a las empresas.

A fin de mantener el equilibrio entre los beneficios privados y sociales de la innovación, la política de (la) competencia es importante tanto para las industrias innovadoras como para las que adoptan la innovación. Las estructuras de mercado excesivamente monopólicas en las industrias proveedoras permiten a las innovadoras mantener altos márgenes de precio/costo para las tecnologías incorporadas en equipos que ellas brindan a las industrias usuarias. En consecuencia, retienen una porción mayor del producto social vinculado con las nuevas tecnologías y pueden retardar una ulterior innovación. La amenaza de la competencia, además de mantener bajos los precios, también induce a las empresas a seguir in-

novando. Así, se crea un *stock* cada vez mayor de conocimiento y tecnología, que todas las empresas pueden aprovechar. Del mismo modo, la competencia que se da entre las industrias adoptantes actúa como incentivo de la inversión, y de esa manera acelera el proceso de difusión. Sin embargo, en ambas situaciones la política debe aplicarse sabiendo que el tipo de entorno más propicio para la creación y difusión de tecnología combina elementos de la competencia y el monopolio, y que los elementos monopólicos disminuyen cuando hay importantes oportunidades tecnológicas.

La política sobre propiedad intelectual constituye otro ejemplo de instrumento regulatorio/institucional que influye sobre el equilibrio entre los beneficios privados y sociales de la innovación. El papel que juegan las patentes es triple: aumentan la apropiabilidad al conferir al generador de la innovación un monopolio temporario, revelan al público el nuevo conocimiento e impiden que se haga de él un uso no autorizado. Dado que en muchas industrias la pérdida de apropiabilidad no actúa como un disuasivo de la inversión en actividades innovadoras, es importante aumentar al máximo la revelación pública de la nueva información al tiempo que se reduce el monopolio temporario otorgado a los originantes de la innovación. Un ejemplo de esto sería el empleo de una política de patentes más laxa para las universidades y pequeñas empresas que participan en programas auspiciados por el gobierno. Las diferencias sectoriales son importantes en este sentido, y las diferencias en la naturaleza de la tecnología deberían reflejarse en la importancia que adquieran las patentes y otras herramientas semejantes para restaurar la apropiabilidad.

Las políticas vinculadas con el desarrollo de la capacidad de absorción

La condición *sine qua non* para aprovechar las externalidades tecnológicas es tener cierta capacidad de absorción de nuevas tecnologías. Este es el mensaje central de este capítulo. Si bien el desarrollo de dicha capacidad es fundamentalmente responsabilidad de las empresas, las políticas pueden ayudar. Ellas tienen por lo menos tres objetivos: crear en las empresas individuales la capacidad de absorber nueva tecnología, crear un entorno propicio para la rápida adopción de nuevas técnicas y productos y alentar la absorción de tecnologías específicas tales como la de la información. Pueden llegar a diferir si es que se relacionan con la difusión no incorporada o con la adopción de maquinarias, equipos o productos de consumo tecnológicamente avanzados.

Para la empresa individual, las políticas destinadas a aumentar la capacidad de absorción la ayudan a "orientar las antenas" de modo que le

resulte más fácil rastrear, encontrar y adaptar tecnología desarrollada en otra parte. La transferencia de *know-how* y de aptitudes de aprender haciendo, que es por naturaleza sumamente específica por empresa, es importante aquí, particularmente para la SME, cuyas aptitudes para la innovación serán de este modo reforzadas. Los convenios institucionales pueden incluir programas sobre conocimiento de información, propuestas de búsqueda y evaluación, o planes para el desarrollo conjunto (que ayudan a superar la economía mínima de barreras de escala). Dichas políticas también incluyen asistencia para la investigación, para la capacitación del personal (compartiendo los costos) y para los gastos gerenciales e institucionales. Más aún, la experiencia demuestra que el apoyo del gobierno es importante para las organizaciones de investigación por contrato, aun cuando por definición ellas se ríjan por contratos comerciales. Las ayuda a renovar su acervo de conocimiento, a mantenerse en el centro del desarrollo tecnológico y jugar plenamente su papel en la amplia difusión de las tecnologías más avanzadas. Se emplea una amplia gama de mecanismos, como, por ejemplo, brindar un apoyo proporcional al nivel de los contratos obtenidos, o bien a su participación en grandes programas tecnológicos.

Tales políticas afectan la capacidad de las empresas de absorber innovaciones desarrolladas en otra parte, ya se trate de innovaciones incorporadas o no. Para la asistencia orientada concretamente a la introducción de nuevas maquinarias en los procesos de producción, varios países cuentan con políticas que intentan garantizar que el alto costo del capital no actúe como un "desincentivo" que impida la adopción de nueva tecnología. Entre ellas, se pueden mencionar los incentivos financieros y tributarios, como, por ejemplo, la amortización acelerada o bien un tratamiento impositivo especial para los nuevos equipos, recursos ambos orientados a la pequeña empresa.

Además de colaborar para desarrollar en la empresa la capacidad de absorción, la política de difusión debería garantizar que la infraestructura de entorno fuera propicia para un flujo rápido y eficaz de tecnología. Diversos países (por ejemplo, Alemania, Suiza y Suecia) hacen hincapié en la necesidad de fortalecer los mecanismos institucionales tendientes a la adopción de tecnología (Ergas, 1987a). Así, se robustecen los sistemas de educación y capacitación (en particular el componente vocacional), y se crean centros locales de capacitación y programas universitarios con el fin de mejorar la base de infraestructura para comprender y adaptarse a las nuevas tecnologías. También se promueve la creación de redes formales e informales de investigación cooperativa entre empresas. Al margen de que se lo haga mediante vínculos entre la industria y la universidad, o a tra-

vés de laboratorios cooperativos de investigación que abarquen una rama de la industria, el objetivo de la política es aumentar la transferencia tecnológica y ayudar a las empresas a poner en común sus ideas respecto de los futuros peligros y oportunidades tecnológicos. Los indicios demuestran que los usos más fructíferos son descentralizados, cuando un amplio espectro de usuarios finales participan en fijar la dirección global.

Dentro de una política destinada a aumentar la capacidad de las empresas de absorber innovaciones, la tercera dimensión consiste en fomentar la adopción de tecnologías específicas. Dado que las nuevas tecnologías se caracterizan por la interrelación técnica y por las economías de escala de sistema, existen importantes externalidades de red vinculadas con una amplia adopción y uso. Por ende, las políticas orientadas a la adopción de ciertas innovaciones vitales, tales como los programas tecnológicos de la Comunidad Europea (ESPRIT, BRITE, etc.), pueden producir efectos económicos de largo alcance. En una palabra, la política debería alentar la formación de una estructura industrial que se asiente en los aspectos sistémicos de los modernos sistemas fabriles, en vez de crear "islas" de innovación a causa de brindar un apoyo selectivo a ciertas industrias de alta tecnología.

Este enfoque "orientado a la difusión"²⁰ también puede aclarar temas suscitados por la creciente mundialización de la tecnología. Los gobiernos cuestionan el apoyo a los equipos de investigación de empresas multinacionales aduciendo que, debido a los *spillovers*, las innovaciones desarrolladas con ayuda de las políticas nacionales se difundirán rápidamente y serán usadas en otros países donde opera la empresa, e indirectamente beneficiarán a competidores internacionales. Sin embargo, el primer efecto de este apoyo es afianzar los equipos locales de investigación y así aumentar la capacidad de absorción tecnológica del país y por ende la calidad del sistema que produce la innovación local. También es importante asegurar el *spread* de tecnologías de fácil difusión (fundamentalmente del tipo básico y genérico) mediante convenios de colaboración internacional, por ejemplo, entre diversos países competidores.

También tiene gran relevancia el rol de fijar normas, en particular para los productos de consumo tecnológicamente avanzados. Las normas tienen una gran relación con la difusión de nuevas tecnologías y productos. Cuando no las hay, debido a que los costos de adopción son altos, a

²⁰ La expresión fue acuñada por Ergas (1987a), quien traza una distinción entre países "orientados a la misión" (Estados Unidos, Francia) y "orientados a la difusión" (Alemania, Suecia) según el énfasis que pongan en las políticas de difusión dentro de su política tecnológica global.

menudo la adopción se demora hasta que surge una norma industrial para determinada tecnología en particular, ya sea a través de la dominación del mercado o a través de pautas administrativas o reglamentaciones legales. La adecuada difusión de una nueva tecnología también puede ser obstaculizada si el mercado lleva a un prematuro "bloqueo" (o *lock-in*) dentro de cierta trayectoria tecnológica y a normas "incorrectas" (véase David, 1987). El papel de la política en este sentido es alentar la "pluralidad en la investigación" y desalentar la normalización prematura. Esto implica la necesidad de apoyar las nacientes tecnologías de red y la investigación exploratoria de largo plazo.

Un punto más general vinculado con la política tiene que ver con la tendencia de los nuevos productos de ser más complicados que los existentes, razón por la cual exigen un esfuerzo mucho mayor de aprendizaje al usuario, que muchas veces prefiere seguir por el camino de antes. El hecho de capacitar e informar, tanto al público en general como a los usuarios especializados, sobre las características de las nuevas tecnologías lleva a una toma de decisiones más informada y a una mayor participación en la elaboración de opciones tecnológicas. Es indispensable crear una estructura de información tecnológica para poder realizar elecciones bien fundadas, razón por la cual usuarios y consumidores precisan contar con un mayor volumen de información sobre los adelantos tecnológicos, pero que no se brinde para beneficiar a determinados intereses. De ahí la necesidad de que los mecanismos para la toma de decisiones sean transparentes, tanto los que se aplican en las grandes infraestructuras tecnológicas como los vinculados con los problemas de salud, educación y medio ambiente.

La experiencia demuestra que los esfuerzos dirigidos a la "evaluación tecnológica" dan como resultado una mayor comprensión de las características de las nuevas tecnologías, así como una evaluación más realista de los posibles riesgos (OCDE, 1979a). Asimismo, los procesos y procedimientos de evaluación de tecnologías pueden producir efectos sumamente benéficos sobre la difusión, pues estimulan la discusión pública de las opciones tecnológicas y sus repercusiones, con lo cual usuarios y consumidores analizan luego las implicaciones de largo plazo producidas por las elecciones que ellos hacen.

Las políticas que aquí se describen son todas microeconómicas. Operan basándose en incentivos para compartir la información, en ampliar la capacidad de absorción e incrementar las tasas de adopción de nuevas tecnologías. Funcionan directamente mediante subsidios, planes económicos, etc., o bien indirectamente, modificando el entorno institucional y regulatorio. Además de estas políticas, sin embargo, el ritmo y la eficacia de

la difusión tecnológica resultan vitalmente influidos por las condiciones macroeconómicas. Cuando las condiciones de la política macroeconómica desalientan la inversión (tradicional e intangible), potencialmente retardan la difusión. Así, aunque insuficientes para superar los diversos escollos que se le presentan a la difusión, las políticas más específicamente macroeconómicas vendrán acompañadas necesariamente por otras políticas destinadas a mejorar el clima económico general. •

Bibliografía

- Abemathy, W. J. (1978), *The Productivity Dilemma: Roadblock to Innovation in the Automobile Industry*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Amable, B. y M. Mouhoud (1990), "Changement technique et compétitivité industrielle: une comparaison des six grands pays industriels", IRES Working Paper, No. 90-01.
- Antonelli, C. (1991b), *The Economics of Information Networks*, Amsterdam, North-Holland.
- Arthur, B. (1988), "Competing Technologies, Increasing Returns and 'lock-in' by Small Historical Events", *Economic Journal*, marzo.
- Atkinson, P. y J. Stiglitz (1969), "A New View of Technological Change", *Economic Journal*, septiembre.
- Bemstein, J. (1989), "The Structure of Canadian Industry R&D Spillovers, and the Rates of Return to R&D", *Journal of Industrial Economics*, vol. 37, No. 3.
- Bemstein, J. y M. I. Nadiri (1989), "Research and Development and Intra-industry Spillovers: An Empirical Application of Dynamic Duality", *Review of Economic Studies*, vol. 56, pp. 249-269.
- Bresnahan, T. (1986), "Measuring the Spillovers from Technical Advance Mainframe Computers in Financial Services", *American Economic Review*, vol. 76, No. 4.
- Cohén, W. M. y D. A. Levinthal (1989), "Innovation and Learning: The Two Faces of R&D", *Economic Journal*, septiembre.
- Cowan, R. (1991), "Technological Variety and Competition: Issues of Diffusion and Intervention", en OCDE (1991C).
- David, P. (1987), "New Standards for the Economics of Standardization", en Dasgupta and Stoneman.
- Davies, S. (1979), *The Diffusion of Process Innovations*, Cambridge University Press.
- Davis, L. (1988), "Technology Intensity of US, Canadian and Japanese Manufacturers Output and Exports", US Department of Commerce, International Trade Administration, junio.
- Davis, P. (1986), "Understanding the Economics of QWERTY: The Necessity of History", en W. N. Parker (ed.) *Economic History and the Modern Economist*, Oxford, Basil Blackwell.

- Englander, S., R. Evenson y M. Hanazaki (1988), "R&D, Innovation, and the Total Factor Productivity Slowdown", OCDE *Economic Studies*, No. 11.
- Ergas, H. (1987b), "Does Technology Policy Matter", en B. R. Guile y H. Brooks (eds.), *Technology and Global Industry*, Washington D.C., National Academy Press.
- Foray, D. (1990a), "L'économie des rendements croissants et l'économie de la firme innovatrice", paper presented to the Paris TEP Technology and Competitive-ness Conference, junio.
- Foray, D. (1990b), "Exploitations des externantes de réseau vs. Innovation de normalisation", *Revue d'Economie Industrielle*, No. 51.
- Gold, B. (1989), "Technological Diffusion in Industry: Research Needs and Short-comings", *Journal of Industrial Economics*, marzo.
- Goto, A. y K. Suzuki (1989), "R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 71, No. 4.
- Griliches, Z. (1979), "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development Productivity growth", *Bell Journal of Economics*, vol. 10, No. 1.
- Griliches, Z. y F. Lichtenberg (1984), "Interindustry Technology Flows and Productivity growth: A Reexamination", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 65.
- Hanel, R. J. F. Angers y M. Cloutier (1986), *L'effet des dépenses en R-D sur la croissance de la productivité*, Québec, Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Science, Direction de la Maîtrise du Développement Scientifique et Technologique.
- Jacobs, D. (1990), "The Policy Relevance of Diffusion", report for *Policy Studies on Technology and Economy*, The Hague, Ministry of Economic Affairs of the Netherlands.
- Jaffe, A. (1986), "Technological Opportunity and Spillovers in R&D. Evidence from Firms Patents, Profits and Market Valué", *American Economic Review*, vol. 76, No. 5.
- Klein, B. H. (1979), "The Slowdown in Productivity Advances: A Dynamic Explanarón", en C. T Hill y J. M. Utterback (eds.), *Technological Innovation for a Dynamic economy*, Nueva York.
- Kodama, F. (1990), "Can Changes in the Techno-economic Paradigm be Identified Through Empirical and Quantitative Study?", *ST Review*, No. 7, París, OCDE.
- Levin, R. (1988), "Appropriability, R&D Spending and Technological Performance", *American Economic Review*, Papers y Proceedings, mayo.
- Levin, R., A. Klevorick, R. Nelson y S. Winter (1987), "Appropriating the Returns from Industrial Research and Development", *Brookings Papers on Economics Activity*, No. 3.
- Levin, R. y P. Reiss (1984), "Tests of a Schumpeterian Model of R&D and Market Structure", en Z. Griliches, (ed.), *R&D, Patents and Productivity*, Chicago, University of Chicago Press.
- Levin, R. y P. Reiss (1989), "Cost-reducing and Demand-creating R&D with Spi-

- llowers", *Rand Journal of Economics*, vol. 19, No. 4.
- Lundvall, B. A. (1991), "Innovation, the Organised Market and Productivity Slow-down", en OCDE (1991C).
 - Mansfield, E. (1968), *Industrial Research and technological Innovation*, Nueva York, W. W. Norton.
 - Mansfield, E. (1985), "How Rapidly Does New Industrial Technology Leak Out?", *Journal of Industrial Economics*, diciembre.
 - Mansfield, E., J. Rapoport, A. Romeo, S. Wagner y G. Beardsley (1977), "Social and Private Rates of Return from Industrial Innovations", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 77, No. 2.
 - Metcalfe, S. (1990), "On Diffusion Investment and the process of Technological Change", en Deiaco *et al.*
 - Mohnen, P. (1989), "New Technologies and Inter-Industry Spillovers", *STReview*, No. 7, París, OCDE.
 - Nelson, R. (1980), "Balancing Market Failure and Government Inadequacy: The Case of Policy Towards Industrial R&D", Yale University Working Paper No. 840.
 - Nelson, R. y S. Winter (1977), "In Search of a Useful Theory of Innovation", *Research Policy*, vol. 6, No. 1.
 - OCDE (1979a), *Technology on Trial*, París.
 - OCDE (1988a), *Science and Technology Policy Outlook*, París.
 - OCDE (1991b), *Information Technology Standards: The Economic Dimensión*, París.
 - Papaconstantinou, G. (1991), "Research Spillovers, International Competition and Economic Performance", PhD. dissertation, London School of Economics.
 - Ray, G. (1984), *The Difussion of Mature Technologies*, Cambridge University Press.
 - Ray, G. (1989), "Full Circle: The Difussion of Technology", *Research Policy*, vol. 18, No. 1.
 - Reinganum, J. (1984), "Practical Implications of game-Theoretic Models of R&D", *American Economic Review*, Papers y Proceedings, vol. 74, No. 2.
 - Reinganum, J. (1989), 'The Timing of Innovation: Research, Development, and Difussion", en R. Schmalensee y R. Willing (eds.), *The Handbook of Industrial Organisation*, vol. 1, Amsterdam, North-Holland.
 - Robson, M., J. Townsend y K. Pavitt (1988), "Sectoral Patterns of Production and Use of Innovations", *Research Policy*, vol. 17, febrero.
 - Rogers, E. (1982), "Information Exchange and Technological Innovation", en D. Sahal (ed.), *The Transfer and Utilization of Technical Knowledge*, Lexington, Mass, Lexington Books.
 - Romer, P. (1989), "Capital, Labour and Productivity", *Brookings Papers on Economic Activity*, Microeconomics Issue.
 - Rosenberg, N. (1982), *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press.
 - Rosenberg, N. (1990), "Why Do firms Do Basic Research (With Their Own Money?", *Research Policy*, vol. 19, No. 2.

- Salter, W.E.G. (1960), *Productivity and Technical Change*, Cambridge University Press.
- Schumpeter, J. A. (1947), *Capitalism, Socialism and Democracy*, Nueva York, Harper and Row.
- Silverberg, G. (1990), "Adoption and Diffusion of Technology as a Collective Evolutionary Process", en Freeman y Soete.
- Spence, M. (1984), "Cost Reduction, Competition and Industry Performance", *Econometrica*, enero.
- SPRU (1984), *Innovation Survey*, Brighton, University of Sussex.
- Stiglitz, J. (1987), "Learning to Learn, Localised Learning and Technological Progress", en Dasgupta y Stoneman.
- Tilton, J. (1971), *International Diffusion of Technology: The Case of Semiconductors*, Washington D.C, The Brookings Institution.