MERCADOS TECNOLÓGICOS: EVIDENCIA EMPÍRICA E IMPLICACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

ANDREA FOSFURI
Universidad Carlos III de Madrid y CEPR, Londres

DURANTE SIGLOS, LA CREACIÓN DE LOS MERCADOS HA SIDO EL PRINCIPAL MOTOR DEL DESARROLLO ECONÓMICO (VER, POR EJEMPLO, ROSENBERG AND BIRDZELL, 1986). A PESAR DE ELLO, HAY UNA ACTIVIDAD DONDE LA FORMACIÓN de los mercados ha sido lenta y dificultosa y donde, en algunos casos, los mercados nunca han llegado a formarse: la actividad de Investigación y Desarrollo (I+D). Esta actividad ha sido tradicionalmente llevada a cabo dentro de las empresas, especialmente de las grandes, capaces de integrar la búsqueda de la innovación con las actividades de producción y marketing y, por lo tanto, los tecnológicos han tenido un desarrollo mucho más limitado que otros mercados.

Sin embargo, en las últimas dos décadas se ha observado un rápido crecimiento de todo un conjunto de mecanismos que han sido utilizados para el intercambio de tecnología o servicios tecnológicos, como «joint ventures» y alianzas estratégicas para el desarrollo de proyectos comunes de I+D, capital de riesgo corporativo, «spin-offs» tecnológicos, contratos de licencias y sub-contratación de la I+D. Al mismo tiempo, han aparecido proveedores especializados de tecnología en muchos sectores (1).

Algunos de estos temas han sido analizados en profundidad en otros trabajos. Por ejemplo, existe una extensa literatura sobre la licencia de tecnología, las transferencias internacionales de tecnología y las consecuencias económicas y empresariales de la subcontratación de la I+D. Sin embargo, lo que aún se echa en falta es un marco de análisis sistemático donde estudiar el funcionamiento de los mercados tecnológicos, los factores que limitan o favorecen su desarrollo y las implicaciones económicas y empresariales de su existencia. El trabajo de investigación que he llevado a cabo en los últimos años conjuntamente con Ashish Arora y Alfon-

so Gambardella constituye un primer paso para subsanar dicha falta (ver Arora, Fosfuri y Gambardella, 2001a). Este artículo ofrece un resumen de dicha investigación sobre los mercados tecnológicos y, al mismo tiempo, analiza la relación existente entre mercados tecnológicos y tecnología de la información.

En el siguiente epígrafe vamos a definir el concepto de mercados tecnológicos y a ofrecer evidencia empírica sobre la importancia de dichos mercados en los últimos años. Luego analizaremos brevemente tres de las más importantes limitaciones para el desarrollo de los mercados tecnológicos: problemas contractuales, problemas cognitivos y tamaño del mercado. En el siguiente estudiaremos las implicaciones que la presencia de los mercados tecnológico tiene sobre las estrategias de las empresas, la división del trabajo en la economía, la estructura industrial y el crecimiento económico. Finalmente analizaremos el papel de la tecnología de la información para favorecer el desarrollo de los mercados tecnológicos.

MERCADOS TECNOLÓGICOS

En este artículo usaremos la palabra «mercado» en sentido amplio. Una transacción de mercado típicamente no requiere ulteriores interacciones entre las partes, es anónima e implica el intercambio de un bien por el dinero. La mayoría de las transacciones de tecnología no cumple uno o más de los criterios anteriores. Muchas veces, dichas transacciones implican contratos complejos y están asociadas a algún tipo de alianza entre las empresas. A pesar de ello, en el resto del artículo, para facilitar la exposición hablaremos sólo de transacción de mercado frente a integración dentro de la empresa. De ninguna forma, quiere esto decir que subestimemos la importancia de formas híbridas entre mercado y jerarquía.

La tecnología puede presentarse en muchas formas distintas. Puede ser «propiedad intelectual» (por ejemplo, una patente) o intangibles (por ejemplo, un programa de software o un diseño) o puede estar englobada en un producto (por ejemplo, un prototipo o un aparato como un «chip» diseñado para realizar determinadas operaciones) o puede consistir en un servicio de asistencia técnica. Por eso, no intentaremos definir la tecnología y nos limitaremos a tratarla como un término impreciso que está asociado al conocimiento radicado en la ingeniería y disciplinas científicas y que, en general, deriva de la experiencia práctica en producción. A su vez, esto quiere decir que las transacciones de tecnología pueden tomar distintas formas, de la licencia de la propiedad intelectual hasta complicados acuerdos de colaboración que pueden incluir la creación de la tecnología desde cero o su ulterior desarrollo.

FIGURA 1
UNA TIPOLOGÍA SIMPLE DE MERCADOS TECNOLÓGICOS

Tipos de mercado	Tecnología existente	Tecnología o componente tecnológico a desarrollar
Mercado horizontal / Transacciones entre competidores actuales o potenciales.	Union Carbide cede en licencia la tecnología Uniopol para la producción de polietileno a Huntsman Chemicals.	Sun cede en licencia Java a IBM: Joint venture en I+D entre empresas competidoras en el mercado del producto final.
Mercado vertical / Transacciones entre empresas que no compiten en el mismo mercado.	Cesión en licencia de componentes de un chip en la industria de los semiconductores.	Joint ventures en I+D: Affymax cede en licencia a una empresa farmacéutica su tecnología combinatoria.

La figura 1 ofrece una simple tipología de mercados tecnológicos mencionando un ejemplo real de cada caso. Dicha tipología distingue entre mercados horizontales y mercados verticales, siendo los primeros aquellos donde las transacciones ocurren entre empresas que son competidoras en el mercado del producto final y los segundos aquellos donde proveedores especializados de tecnología venden sus tecnologías a los productores finales. Este último caso constituye lo que se denomina división del trabajo en el proceso de innovación (2).

EVIDENCIA EMPÍRICA

¿Cuál es el tamaño actual de los mercados tecnológicos? Hoy en día, la información disponible es bastante fragmentada (ver, por ejemplo, BTG, 1998; OECD, 1998; Degnan, 1998).

Con el fin de ofrecer una estimación más sistemática de la importancia de los mercados tecnológicos hemos utilizado una base de datos comercial compilada por la Securities Data Company (SDC, 1998). Dicha base de datos incluye alrededor de 52000 «joint ventures», alianzas, licencias, colaboraciones en I+D y otros acuerdos similares realizados a nivel mundial. Es posible identificar el nombre de las empresas involucradas, la compañía matriz, el código SIC de las empresas y las matrices, el código SIC de la transacción, la fecha en la qué la operación ha sido anunciada y una descripción de la misma.

Hemos seleccionado sólo las transacciones que implicaban verdaderamente una transferencia de tecnología, tanto la licencia de nuevos productos, procesos y diseños, como la colaboración en el desarrollo de la tecnología.

La tabla 1 muestra el número total y el valor (entre paréntesis) de dichas transacciones por sector industrial durante el período 1985-1997. El valor de la transacción ha sido calculado como la suma de todos los posibles pagos efectuados a cambio de los derechos de explotación de la tecnología. La tabla muestra que ha habido más de 15000 transacciones con un valor de más de 320 billones de dólares, es decir, aproximadamente 1150 transacciones anuales por un valor de 25 billones de dólares. Es probable que el número de transacciones esté subestimado tanto al principio del período (cuando la recogida de la información no era sistemática) como al final, por lo que estos valores constituyen probablemente una valoración muy conservadora.

De hecho, si sólo consideramos el período de los 90 el valor anual medio de las transacciones es de 36 billones de dólares. Para hacerse una idea más concreta de estos números, es importante notar que el valor total de las transacciones en tecnología corresponde al 9% del total de los gastos en I+D en los países desarrollados. A pesar de que los mercados tecnológicos están aún en su fase inicial de desarrollo, el valor de las transacciones ya parece ser relevante.

La tabla 1 también sugiere que los mercados tecnológicos están más desarrollados en Electrónica y Componentes Electrónicos, Servicios Empresariales y Química. A pesar de que la Electrónica en nuestra base de datos no incluye los ordenadores (que están clasificados como Maquinaria Industrial), sí que incluye todo tipo de componente electrónico, así como los semiconductores y otros aparatos electrónicos. En particular, los semiconductores constituyen un área muy activa en cuanto a transacciones de tecnología entre compañías independientes. Los Servicios Empresariales incluyen el software, que es otro sector en el qué las transacciones de tecnología han crecido de forma exponencial en los últimos años. Finalmente, el químico representa un sector en el qué las transacciones de tecnología han sido la norma desde hace ya bastantes años, tanto a través de licencias de tecnologías de proceso, de licencias de compuestos químicos y, especialmente, farmacéuticos, como mediante transacciones entre empresas independientes; por ejemplo, en la moderna industria de biotecnología (3).

La tabla 2 (en la página siguiente) se centra sobre el flujo de tecnología intersectorial. Para construir dicha tabla, hemos analizado todas las transacciones de tecnología que se llevaron a cabo entre 1988 y 1997. Hemos distinguido entre sectores «fuente», es decir, de donde sale la tecnología, y sectores «receptor», es decir, a donde va la tecnología. Una transacción de tecnología la hemos atribuido al sector «fuente» a través del código SIC de la empresa vendedora y al sector «receptor» a través del código SIC de la empresa compradora.

La tabla 2 también muestra dos índices de Herfindahl por cada sector. El índice de Herfindahl es una medida del grado de concentración de una industria que también puede ser usada para medir el grado de diversificación (4). En nuestro caso nos indica cuán diversificado es el flujo de tecnologías que entran en un determinado sector (respecto a los sectores «fuente») y cuán diversificado es el flujo de tecnologías que salen de un determinado sector (respecto a los sectores «receptor»). Hay que destacar que los Servicios Empresariales (SIC 73) y la Electrónica (SIC 36) muestran un bajo índice de Herfindhal en su oferta de tecnologías y un índice relativamente alto en su demanda. Esto es, tienden a autoalimentarse con sus propias tecnologías, pero las ofrecen a un conjunto importante de otros sectores. Dicho resultado sugiere que las tecnologías del software y de la electrónica tienen una aplicación más general («tecnologías con aplicación general»).

Por el contrario, el sector químico es aquel con el índice de Herfindhal más alto en cuanto a oferta, con casi el 40% de las empresas químicas vendiendo tecnologías a empresas del mismo sector. Claramente, a pesar de que dentro del mismo sector químico existen muchos segmentos que pueden tener tecnologías con distintos niveles de aplicación general, dicho sector parece ser bastante endogámico en lo que se refiere a las transacciones de tecnologías.

TABLA 1
MERCADOS TECNOLÓGICOS: NÚMERO Y VALOR DE LAS TRANSACIONES DE TECNOLOGÍA EN MILLONES DE DÓLARES
1985-97, POR SECTORES INDUSTRIALES

Año	1985-89	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Total
SIC28	439 (5809)	310 (4102)	461 (6101)	395 (5227)	486 (6431)	596 (7887)	351 (4645)	208 (2753)	222 (2938)	3496 (45893)
SIC35	129 (6280)	115 (5599)	210 (10224)	188 (9153)	195 (9493)	192 (9347)	164 (7984)	63 (3067)	69 (3359)	1360 (64506)
SIC36	234 (10971)	190 (8908)	310 (14534)	316 (14816)	366 (17160)	415 (19457)	326 (15284)	135 (6329)	151 (7080)	2479 (114539)
SIC73	143 (1740)	207 (2518)	360 (4380)	334 (4063)	363 (4416)	610 (7421)	770 (9368)	405 (4927)	424 (5158)	3689 (43991)
SIC87	11 (171)	9 (140)	45 (701)	253 (3939)	156 (2429)	73 (1137)	34 (529)	22 (343)	17 (265)	707 (9654)
Otros	174 (2781)	209 (2901)	468 (5471)	523 (6373)	560 (6549)	540 (6354)	545 (6658)	289 (3342)	293 (3156)	3858 (43585)
Total	**1130 (27753)**	**1040 (24169)**	**1854 (41410)**	**2009 (43571)**	**2126 (46479)**	**2426 (51604)**	**2190 (44469)**	**1122 (20761)**	**1176 (21956)**	**15073 (322172)**

Nota: SIC28 = Química y Productos Relacionados; SIC35 = Maquinaria Industrial y Equipamiento (incluye los ordenadores); SIC36 = Electrónica y Otro Equipamiento Electrónico; SIC73 = Servicios Empresariales; SIC 87 = Servicios de Ingeniería y Gestión.
FUENTE: Securities Data Company (SDC, 1998). Los valores han sido calculados multiplicando el número de transacciones de tecnología en un determinado sector por el valor medio de una transacción en dicho sector.

LIMITACIONES

¿Porqué los mercado tecnológicos parecen estar menos desarrollados que otros tipos como, por ejemplo, el de las materias primas o el de los componentes de coches? En este epígrafe, vamos a analizar brevemente las que consideramos que son las tres principales limitaciones para el desarrollo de los mercados tecnológicos.

COSTES DE TRANSACCIÓN Y CONTRATOS DE COMPRAVENTA DE TECNOLOGÍA

Teece (1988) identifica tres fuentes principales de costes de transacción en los contratos de compra-venta de tecnología. En primer lugar, la imposibilidad de especificar detalladamente el contenido de

TABLA 2
VALOR DE LAS TRANSACCIONES INTERSECTORIALES DE TECNOLOGÍA. 1988-1997
MILLONES DE DÓLARES

	SIC	28	73	36	35	87	38	82	50	37	48	80	Otros	Total	Herf fuente
Sector fuente	28	22344	259	388	410	3710	1790	237	388	194	22	474	4615	34832	0.444
	73	949	16214	6551	7825	563	919	119	1690	534	1571	296	5069	42299	0.224
	36	1108	4985	30907	9638	609	2437	166	2105	1329	1495	55	5483	60318	0.308
	35	343	2475	3941	6644	152	704	19	571	381	247	0	1637	17115	0.238
	87	9785	419	1090	615	4333	1062	280	224	224	84	335	2628	21080	0.280
	38	2121	513	1352	1025	350	4334	70	373	140	70	93	1305	11745	0.206
	82	2083	128	112	48	833	288	144	48	0	0	80	305	4071	0.318
	50	110	150	120	170	20	160	10	270	20	30	10	150	1220	0.135
	37	63	27	135	108	27	54	9	36	414	0	0	171	1044	0.220
	48	95	1040	1607	662	284	189	0	378	95	3780	0	1323	9450	0.229
	80	2802	65	0	65	652	587	65	0	0	130	587	391	5344	0.320
	Otros	895	220	280	370	240	180	5	125	90	65	30	1945	4445	0.251
	Total	**42697**	**26495**	**46482**	**27580**	**11773**	**12705**	**1124**	**6207**	**3420**	**7495**	**1962**	**25022**	**212962**	
	Herf Receptor	0.337	0.421	0.472	0.264	0.250	0.192	0.164	0.212	0.213	0.340	0.205	0.150		

Nota: SIC28 = Química y Productos Relacionados; SIC35 = Maquinaria Industrial y Equipamiento (incluye los ordenadores); SIC36 = Electrónica y Otro Equipamiento Electrónico; SIC37 = Equipamiento transporte; SIC38 = Instrumentos y Productos Relacionados; SIC48 = Comunicaciones; SIC 50 = Comercio Mayorista – Bienes Duraderos; SIC73 = Servicios Empresariales; SIC80 = Servicios Salud; SIC82 = Servicios Educación; SIC 87 = Servicios de Ingeniería y Gestión.
FUENTE: Securities Data Company (SDC, 1998).

cada tarea o actividad al principio del proyecto (a causa de la fuerte incertidumbre) hace que los contratos sean incompletos, dejando amplios márgenes a las partes para emprender comportamientos oportunistas. En segundo lugar, cuando una empresa desarrolla relaciones estrictas con un proveedor de tecnología es probable que incurra en costes irrecuperables, que, a su vez, pueden originar costes de cambio (especificidad de la inversión) y problemas de retención. En tercer lugar, la necesidad de transmitir información precontractual incrementa el riesgo de imitación por parte de los competidores.

Teece concluye que la integración vertical es la solución natural para los problemas de comportamiento oportunista que pueden surgir cuando el contrato es incompleto. En el caso del proceso de innovación, esto implica que la empresa integrada pueda especificar y organizar las acciones de los distintos agentes involucrados en la actividad de innovación justo cuando ésta se está desarrollando. Además, siendo parte de la misma organización, ayuda a los distintos especialistas a adquirir un mejor conocimiento de los problemas y necesidades de los otros, a compartir objetivos comunes y a adoptar el mismo lenguaje. Esto facilita la colaboración y el intercambio de información y, en última instancia, incrementa la productividad del proceso de innovación (Nelson y Winter, 1982; Teece, 1988).

Además, Kenneth Arrow (Arrow, 1962) ha subrayado la importancia del denominado problema de «apropiabilidad». Los derechos de propiedad sobre bienes tangibles resultan más fáciles de definir y proteger que los derechos de propiedad sobre bienes intangibles como los diseños, las ideas y la tecnología. Una vez que una información o una idea se haya comunicado al potencial comprador, éste puede usar dicha información o idea sin necesidad de pagar por ella. Si el potencial vendedor anticipa este comportamiento oportunista no tendrá interés en comunicar su idea al comprador y, por lo tanto, el comprador no podrá valorar el objeto de la transacción. Naturalmente, sin poder valorar la información o la idea, el comprador no estará dispuesto a pagar por ella. El resultado es que muchas transacciones no tienen lugar, un ejemplo de lo que los economistas llaman «fallo de mercado».

Hay formas para reducir las ineficiencias generadas por los contratos incompletos. Por ejemplo, las partes pueden crearse una reputación de buen comportamiento a través de contratos repetidos en el tiempo o pueden introducir «royalties» asociados a la cantidad producida. Arora (1995) demuestra formalmente que es posible escribir contratos simples pero eficientes para el intercambio de tecnología explotando la complementariedad entre el «know-how» y cualquier otro input tecnológico (por ejemplo una patente) que quien vende la tecnología puede utilizar come «rehén». Debido a la complementariedad, el uso del «know-how», que no se puede restringir una vez que ha sido transferido al comprador, tiene mucho más valor si es explotado conjuntamente con el input complementario. El vendedor puede restringir el suministro de dicho input con el fin de protegerse frente a un posible comportamiento oportunista del comprador (5).

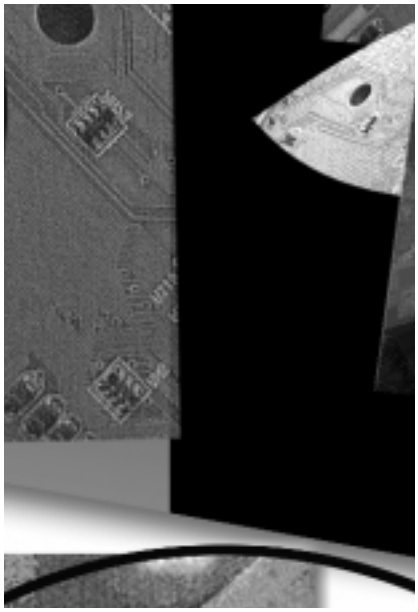
PROBLEMAS COGNITIVOS

La aplicación del conocimiento o de la tecnología desarrollada en un contexto

específico y para un uso determinado a otro contexto y uso no es ni simple ni inmediata. Muchas veces, requiere adaptaciones extensivas cuyo coste puede exceder el de desarrollar la tecnología en primera instancia. La dependencia del contexto surge porque falta un conocimiento profundo y completo de la tecnología. Las empresas necesitan producir bienes, métodos y procesos que funcionan en la práctica. Pero, por eso, no es necesario conocer los principios científicos que están a la base de la tecnología. Cuando falta un conocimiento profundo y completo de los fenómenos, los seres humanos usan reglas de comportamiento, trucos y mecanismos de prueba y error para solucionar los problemas (Simon, 1962). Es de esta forma que los seres humanos definen el contexto en el que van a interpretar la información que perciben, pero cuando los contextos son distintos entre ellos la información recogida en un contexto difícilmente puede aplicarse a otro.

Parte del problema estriba en que gran parte del conocimiento tecnológico es tácito. Como Polanyi (1966) ha argumentado el conocimiento tácito es muy difícil, si no imposible, de articular y, por lo tanto, difícil de comunicar y transferir. Sin embargo, Winter (1987), Nonaka (1991) y Arora y Gambardella (1994) han subrayado que el grado de codificación del conocimiento es una decisión económica y empresarial que depende de los beneficios potenciales que dicha articulación genera para la empresa. En otras palabras, cuanta más posibilidades hay de utilizar el conocimiento, tanto más las empresas ejercerán un esfuerzo para articularlo. Además, como veremos en el quinto epígrafe, el desarrollo de la tecnología de la información ha facilitado la creación de un conocimiento más general y menos dependiente del contexto y, como consecuencia, ha reducido los costes de su transferencia entre individuos u organizaciones.

Una limitación adicional a la división del trabajo en el proceso de innovación y, por lo tanto, a la aparición de proveedores especializados de tecnología se debe a la dificultad de separar la actividad de innovación en tareas independientes. Esto limita la posibilidad de asignar partes del proceso de innovación a agentes especializados que actúan de forma independiente sin ningún tipo de interacción sistemática entre ellos.



Como Von Hippel (1990) ha demostrado, la partición de un problema complejo en tareas permite incrementar la eficiencia y la productividad. El problema reside en que el desarrollo de las innovaciones se basa muchas veces sobre información que pertenece al dominio de agentes diferentes, es decir, para tomar decisiones eficientes en el desarrollo de una tarea se necesita información sobre muchas otras tareas. Cuando dicha información es «adhesiva», es decir, sólo puede ser transferida entre las partes a un coste muy elevado, las interdependencias entre las tareas son claramente una fuente de ineficiencia. La información «adhesiva» es la información que proviene de la experiencia, del conocimiento tácito y de las rutinas que están normalmente asociadas con las actividades ordinarias realizadas por cada agente u organización. En un trabajo posterior, Von Hippel (1998) observa que si la naturaleza de la información pudiera ser transformada de «adhesiva» en «no adhesiva» muchas de las interdependencias se podrían reducir substancialmente.

Como discutiremos también luego, la progresiva difusión de los ordenadores ha contribuido a empujar la partición de las tareas en las empresas (incluyendo el proceso de innovación) en cuanto que parte de la información puede ser incorporada en programas de software y, por lo tanto, estar disponible fácilmente y a bajo coste.

EL TAMAÑO DEL MERCADO

Hasta ahora, gran parte de la discusión se ha centrado sobre los factores que afectan al coste y a la eficiencia de las transacciones de tecnología. Sin embargo, un elemento clave para que haya división del trabajo es la posibilidad de contratos múltiples, es decir, un proveedor tiene que tener la posibilidad de servir a más de un solo cliente. Esto es particularmente importante en el caso de las tecnologías porque, una vez desarrolladas, pueden ser explotadas repetidamente a una fracción pequeña del coste de su desarrollo inicial. Dicho razonamiento lleva directamente a la famosa observación de Adam Smith «la división del trabajo está limitada por el tamaño del mercado» (Stigler, 1951). Esto es, a pesar de que se puedan solucionar los problemas cognitivos y contractuales, una completa división del trabajo en la producción y uso de la tecnología depende de forma crucial del tamaño del mercado de las potenciales aplicaciones.

Para entender dicha limitación hay que definir, en primer lugar, el concepto de tamaño del mercado. Supongamos que una tecnología es específica a una aplicación de una determinada empresa. La especificidad implicaría que es difícil reutilizar dicha tecnología para otras aplicaciones y por otras empresas. En este caso, los costes de la I+D sólo se podrían recuperar a través de la producción del bien asociado con la aplicación en cuestión. Esto significa que el potencial vendedor no podría conseguir ninguna ventaja económica en la actividad de I+D frente al comprador (la empresa que produce y vende el bien final) porque el tamaño del mercado de la tecnología sería el mismo que el mercado del bien a cuya producción la tecnología se destina. Además, la ventaja comparativa del vendedor no se incre-

menta si el tamaño del mercado (por aquella aplicación) crece. En otras palabras, si un proveedor especializado sólo trabaja para un único comprador difícilmente las ventajas en economías de escala pueden compensar los costes de transacción asociados con la transferencia de la tecnología.

La ventaja de la especialización sólo se materializa cuando un proveedor que incurre en un coste fijo puede servir a un número importante de compradores. Esto requiere que la tecnología no sea totalmente idiosincrásica a un contexto específico. En otras palabras, a pesar de que la tecnología tenga que ser adaptada a distintas aplicaciones y usos, por lo menos parte de la tecnología tiene que ser reutilizable a un coste incremental pequeño. Bajo estas condiciones, un proveedor especializado tendrá una ventaja frente a cada comprador individual porque, a pesar de que el comprador podría reutilizar la tecnología, siempre lo hará mucho menos frecuentemente que un proveedor especializado que sirve a muchos compradores.

En pocas palabras, lo que se está argumentado es que los mercados tecnológicos y los proveedores especializados de tecnología tienen más probabilidad de existir y desarrollarse cuando las tecnologías tienen aplicación general (Bresnahan y Trajtenberg, 1995; Helpman, 1998; Rosenberg, 1976) o cuando la tecnología se basa sobre un conocimiento general y abstracto (Arora y Gambardella, 1994). Tecnologías con aplicación general son aquellas que tienen múltiples aplicaciones.

Además, la eficiencia de los proveedores especializados de tecnología con aplicación general incrementa al incrementarse el número de potenciales aplicaciones en cuanto que el coste fijo de desarrollar dichas tecnologías puede amortizarse en más aplicaciones. En definitiva, las ventajas de la especialización aparecen al incrementarse el tamaño del mercado en tanto en cuanto dicho incremento se deba a un mayor número de aplicaciones de la tecnología frente a un mayor tamaño de cada potencial aplicación.

¿POR QUÉ ESTAMOS INTERESADOS EN LOS MERCADOS TECNOLÓGICOS?

Los mercados tecnológicos promueven la difusión y el uso eficiente de la tecnología existente y pueden incrementar la tasa de desarrollo tecnológico ofreciendo incentivos adicionales a la inversión en I+D. En particular, dichos mercados favorecen la especialización de algunas empresas en la producción de tecnología.

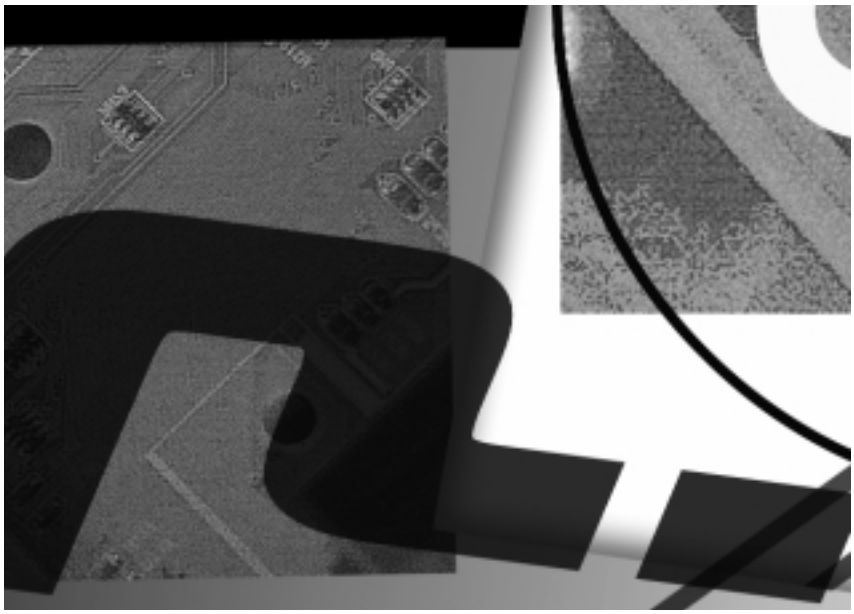
Las empresas, en particular las grandes empresas, desarrollan muchas veces tecnologías que nunca llegan a comercializar porque, por ejemplo, tienen aplicación fuera de su negocio tradicional . Es posible que otras empresas puedan aprovechar estas tecnologías inutilizadas. Es verdad que, a veces, hay razones estratégicas que llevan a una empresa a no ceder en licencia su tecnología como, por ejemplo, el miedo de crear nuevos competidores o de canibalizar los mercados existentes. En otros casos, la razón es distinta. Debido a las ineficiencias de los contratos de compraventa de tecnología, los ingresos de la cesión en licencia no son suficientes para compensar los costes. Como resultado típico, las empresas han ignorado la posibilidad de vender sus tecnologías.

De hecho, parece que el mercado de las licencias está mucho menos desarrollado de lo que sería socialmente deseable. Un estudio reciente del BTG (British Technology Group), una empresa de consultoría, ha evidenciado que las grandes compañías americanas, europeas y japonesas ignoran una fracción importante de las tecnologías que tienen patentadas y que podrían aprovechar a través de contratos de licencia (BTG, 1998). Además, el estudio ha subrayado que, muchas veces, las empresas no usan contratos de licencia porque nunca se han planteado esta posibilidad. La Unión Europea ha estimado que cada año se gastan casi 20 billones de dólares para desarrollar productos o ideas que ya existen. Unos mercados tecnológicos bien desarrollados pueden incrementar la eficiencia evitando la duplicación del esfuerzo en I+D y favoreciendo el encuentro entre productores de tecnología y usuarios.

Los mercados tecnológicos afectan y condicionan las estrategias tecnológicas de las empresas tanto como usuarios cuanto como proveedores de tecnología. En el primer caso, la primera y más obvia implicación para las grandes empresas que actúan en sectores intensivos en tecnología es que las opciones estratégicas se amplían: las empresas pueden elegir entre ceder en licencia su tecnología o proceder con la explotación interna. Para una empresa ya establecida en un sector, la decisión sobre si vender o no la tecnología depende de la interrelación entre el «efecto disipación de beneficios» que la licencia conlleva como consecuencia de la mayor competencia en el mercado y el «efecto renta», que se debe a los pagos recibidos a cambio de los derechos de explotación de la tecnología (Arora y Fosfuri, 1999). Cuando el «efecto renta» es mayor que el «efecto disipación de beneficios», las empresas tienen incentivos a conceder licencias de su tecnología. La interrelación entre dichos efectos hace que la licencia sea usada especialmente en mercados muy lejanos (donde el coste para producir directamente tiende a ser elevado y el «efecto disipación de beneficios» inexistente), cuando la cuota de mercado del innovador es muy pequeña (éste sería el caso de las denominadas tecnologías «huérfanas», es decir, tecnologías que no tienen aplicación en el nego-

cio tradicional de la empresa que las ha desarrollado) y cuando el mercado del producto final es altamente competitivo (en este caso el «efecto disipación de beneficios» es muy pequeño). Además, los mercados tecnológicos estimulan una gestión activa de la propiedad intelectual de la empresa (Grindley y Teece, 1997).

Para las pequeñas empresas tecnológicas, los mercados tecnológicos mejoran la efectividad de las estrategias centradas en la especialización en la producción de tecnología. Estas empresas no necesitan incurrir en las costosas y arriesgadas inversiones en activos para la producción y pueden beneficiarse de su inversión en I+D también cuando no tienen ningún otro recurso complementario o si los mercados de dichos recursos están subdesarrollados.



Para los usuarios de tecnologías, el crecimiento de los mercados tecnológicos incrementa la importancia de vigilar el desarrollo externo de las tecnologías y el coste de la autarquía tecnológica (el denominado «síndrome del no inventado aquí», es decir, cualquier tecnología desarrollada fuera de la empresa tiende a ser considerada como inferior). Los mercados tecnológicos pueden también reducir la importancia de la tecnología como fuente de ventaja competitiva porque la ventaja de poseer tecnología exclusiva puede desaparecer cuando los competidores tienen la posibilidad de adquirir dicho recurso en el mercado. La consecuencia más inmediata es que las empresas tienen que centrarse sobre otros recursos internos para edificar la base de su ventaja competitiva. Por ejemplo, un posible candidato sería el conocimiento detallado de las necesidades y características idiosincrásicas de determinados mercados. Es decir, los mercados tecnológicos pueden empujar hacia estrategias de diferenciación.

A nivel industrial, los mercados tecnológicos reducen las barreras a la entrada, incrementan la competencia y reducen el ciclo de vida del producto. Por ejemplo, en la industria química la intensa actividad de licencia por parte de muchos productores ha contribuido a incrementar substancialmente el grado de competencia en muchos mercados (Arora y Gambardella, 1998; Arora y Fosfuri, 2000).

Los mercados tecnológicos constituyen una condición necesaria para la existencia de proveedores especializados de tecnología. La especialización y la división del trabajo son un determinante crítico del crecimiento industrial y económico. Además, los proveedores especializados pueden también actuar como un mecanismo de transferencia del conocimiento que se parezca a un «spillover» tecnológico entre las empresas, un tema de investigación que ha atraído la atención de muchos economistas. Si, por un lado, los «spillovers» pueden reducir los incentivos privados a la I+D, por otro lado, pueden incrementar los beneficios sociales de la I+D y pueden ser una fuente adicional de difusión de la tecnología y de crecimiento.

La industria química ofrece un ejemplo ideal que muestra como el desarrollo de un sector de proveedores especializados de tecnología mejora el acceso y reduce los costes de la inversión y las barreras a la entrada en la actividad de producción, con efectos beneficiosos sobre la inversión agregada en toda la industria. La historia es que, a partir de los años 30 y hasta los años 60, la industria química en los países más desarrollados (el Primer Mundo) creció muy rápidamente. Dicho crecimiento estimuló el desarrollo de empresas especializadas en el diseño e ingeniería de los procesos y plantas químicas, las denominadas empresas de ingeniería especializadas (EIEs). En los 70 y especialmente en los 80, cuando la moderna industria química ha empezado a emerger en los países menos desarrollados (el Tercer Mundo), dicha industria se ha beneficiado de la presencia de las EIEs que se orientaron hacia estos mercados vendiendo tecnologías a los productores químicos localizados en el Tercer Mundo. En otras palabras, el crecimiento de la industria química en el Primer Mundo ha generado un sector de proveedores especializados de tecnología, que más tarde ha favorecido el desarrollo de la industria química en el Tercer Mundo. El punto importante es que el Tercer Mundo se ha beneficiado del hecho de que el coste (fijo) para el desarrollo de las tecnologías ya había sido cargado sobre los productores del Primer Mundo (6).

Hay que destacar también que si las EIEs no hubieran existido las mismas empresas químicas del Primer Mundo hubieran podido vender sus tecnologías a las empresas químicas del Tercer Mundo. Sin embargo, dichas empresas a diferencia de las EIEs hubieran temido una posible competencia en el mercado final por parte de las empresas del Tercer Mundo con el resultado de que hubieran cedido un número de licencias mucho más limitado o hubieran exigido unos precios mucho más altos por sus tecnologías.

Los beneficios de la división del trabajo en la innovación que hemos descrito en la industria química se pueden observar en otros contextos. Rosenberg (1976) describe como los productores de coches se beneficiaron de muchas tecnologías e instrumentos que habían sido desarrollado por proveedores especializados de la industria de las bicicletas a finales del siglo XIX. Los proveedores de maquinarias textiles del área de Manchester promovieron la difusión de la tecnología textil en Japón, India y China. En la actualidad, los productores italianos de maquinarias textiles venden sus tecnologías a empresas del Tercer Mundo que acaban competiendo con las empresas italianas en el mercado del producto final.

Resumiendo, si los mercados tecnológicos fueran más desarrollados, las tecnologías existentes tendrían más posibilidades de ser usadas de forma eficiente. Se desarrollarían nuevas tecnologías con más probabilidades en tanto que, incluso si el inventor no fuera capaz de comercializar la innovación, siempre podría acudir al mercado, vender su tecnología a empresas con más recursos productivos y de otro tipo y generar ingresos de su actividad de I+D. No sólo habría un incremento en la tasa de innovación, también se generarían cambios importantes en lo que se refiere a la entrada en el mercado, el grado de competencia, la creación de nuevas empresas especializadas y, finalmente, en la estructura misma de la industria.

Los mercados tecnológicos contribuyen a la difusión de las tecnologías entre países en cuanto que promueven la división del trabajo y la aparición de proveedores especializados de tecnología. Dichos proveedores, una vez que hayan desarrollado una tecnología, están dispuesto a venderla en todos los países y mercados donde hay potenciales aplicaciones. Si una industria en algunos países se desarrolla cronológicamente más tarde, los productores de estos países pueden beneficiarse de los servicios de los proveedores especializados de tecnología que han surgido como consecuencia del desarrollo de la misma industria en otros países.

EL PAPEL DE LA TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN

En este epígrafe nos centraremos sobre dos áreas en las que la tecnología de la información ha afectado directamente el desarrollo de los mercados tecnológicos. En primer lugar, analizaremos como los avances en el poder de computación, el uso cada vez más extendido del ordenador y las mejoras en las técnicas de simulación han contribuido a la creación de un conocimiento tecnológico cada vez más codificado. A su vez, esto implica que dicho conocimiento es más sencillo de transferir entre agentes independientes, que el proceso de innovación puede ser dividido en tareas de forma más eficiente y que, siendo menos dependiente del contexto, el mismo conocimiento puede ser explotado en múltiples aplicaciones. En segundo lugar, ilustraremos las oportunidades que el reciente desarrollo de Internet ha generado para las estrategias de comercialización de las tecnologías de las empresas. En particular, Internet ha permitido la creación de mercados electrónicos y on-line donde las empresas pueden vender y comprar sus tecnologías.

La tecnología de la información y la codificación del conocimiento

La importancia de la tecnología de la información en promover el desarrollo de los mercados tecnológicos es aparente en dos industrias donde dichos mercados han florecido en los últimos años: los semiconductores y la biotecnología (ver también la discusión en el segundo epígrafe). De hecho, en la industria de los semiconductores hemos observado el desarrollo de una cantidad impresionante de programas de software que incorporan el conocimiento y las competencias necesarias para el diseño de los chips, desarrollo que se debe en parte a la creciente complejidad de los chips.

Estos programas de software —llamados EDA («electronic design automation»)— son fundamentales para gestionar el diseño de los sistemas complejos que están en la base de los «chips». Típicamente, los programas EDA se basan sobre sistemas de ecuaciones que representan las distintas funciones y sub-funciones que serán realizadas por los chips y la forma en las que dichas funciones están conectadas la una con la otra. Utilizando estos sistemas de ecuaciones los diseñadores puede construir las funciones, conectarlas, simular y testar el funcionamiento de chip y de parte de él. Claramente, el desarrollo de estos programas requiere un profundo conocimiento de cómo funcionan los chips, es decir, requiere «codificar» dicho conocimiento en sistemas de ecuaciones.

La biotecnología es otro sector que está emergiendo como un mercado de programas de software, bases de datos e instrumentos para gestionar el conocimiento y la información. El creciente uso de la tecnología de la información y del software en biotecnología refleja la naturaleza general del conocimiento en dicho sector y la naturaleza cambiante de la investigación en biotecnología.

Primero, la biotecnología se vale de la química para entender las proteínas y las estructuras de las proteínas que respetan algunas leyes físicas fundamentales, como por ejemplo la minimización de la energía potencial, y los investigadores necesitan ordenadores muy rápidos y algoritmos muy eficientes para descubrir y visualizar dichas estructuras.

Segundo, mientras que la bioquímica y el descubrimiento de los fármacos requerían un trabajo en grupos pequeños con poco intercambio de información, la biotecnología genera una cantidad impresionante de información que se queda a disposición de las empresas y de otras instituciones. Para gestionar y aprovecharse de esta información se necesitan instrumentos poderosos.

Tercero, el desarrollo de la robótica en la conducción de los experimentos de laboratorio requiere programas de software que puedan analizar y sintetizar los datos.

Finalmente, el uso de la química combinatoria para la producción de bibliotecas de compuestos químicos se ha basado sobre el desarrollo de programas de software y sobre el incremento sustancial de

la capacidad de computación. Las compañías que desarrollan dichos programas de software son al mismo tiempo empresas de biotecnología y empresas de informática. Por ejemplo, NetGenetics tiene más de 20 programadores y un número similar de investigadores en ciencias de la vida entre sus empleados.

Estos dos ejemplos, los semiconductores y la biotecnología, ilustran la importancia de la tecnología de la información en transformar el conocimiento complejo en conocimiento codificado y, por lo tanto, más fácil de transferir entre las organizaciones. Después de todo, como Arora y Gambardella (1994) han argumentado, el grado en el que el conocimiento puede ser más o menos explícito es, fundamentalmente, una decisión económica. Los beneficios de la codificación aumentan cuando el conocimiento puede ser transferido y aplicado más ampliamente. Al mismo tiempo, un conocimiento más general y profundo de los problemas ayuda a reducir los costes de la codificación. Además, la «tecnología cambiante del cambio técnico», es decir, el incremento de la intensidad científica de las actividad de ingeniería y el siempre más difundido uso de modelos matemáticos y de computación, ofrece la posibilidad de forjar el conocimiento en formas más generales y abstractas y menos dependientes del contexto.

Dicho conocimiento puede, por lo tanto, ser aplicado en otros contextos sin excesivos costes adicionales. En otras palabras, el conocimiento se puede transferir más efectivamente entre individuos, organizaciones y contextos. Como los ejemplos de los semiconductores y de la biotecnología sugieren, la creciente disponibilidad a bajos costes de capacidad de computación ha permitido a muchas empresas hacer un uso cada vez más difundido de las simulaciones en el desarrollo y diseño de productos y procesos.

Además, la tecnología de la información también ha abierto mayores oportunidades para una efectiva división del trabajo en el proceso de innovación. Por ejemplo, el desarrollo de los circuitos integrados con aplicación específica (ASICs) requiere una estricta integración entre los diseñadores de los circuitos, que especifican las interconexiones y la

función de los circuitos y los productores de los semiconductores, que saben como diseñar y desarrollar el producto. Dicha integración dificulta la partición de las tareas. Sin embargo, el desarrollo reciente de programas de software, localizados tanto en el sitio del diseñador como en el del productor, que coordinan la integración entre los dos conjuntos de información, ha aliviado el problema. Los programas de software a disposición del diseñador le permiten traducir las especificaciones funcionales en una descripción de elementos lógicos interconectados que realizan la función deseada y, a su vez, simular dicha función para poder corregir los posibles errores o problemas.

Dadas estas especificaciones funcionales, los programas de software a disposición del productor permiten traducirlas en la geometría física del aparato. Típicamente, a través de varias interacciones entre diseñador y productor se consigue acordar el diseño final y la información contenida en los programas de software del productor se envía a un sistema de fabricación informatizado. Esto es, el desarrollo de programas de software ha permitido transformar la información «adhesiva» en información «no adhesiva» y, por lo tanto, reducir el coste de las interacciones directas y sistemáticas entre los dos agentes claves en el diseño y desarrollo de dichos circuitos integrados.

Finalmente, en los últimos años se han desarrollado programas de software para facilitar la gestión de la propiedad intelectual y, más específicamente, ayudar a las empresas a gestionar sus patentes. A pesar de que aún no se explotan de forma rutinaria (excepto en la química y la farmacéutica), las bases de patentes constituyen una de las más comprensivas fuentes de información científica y tecnológica. Por ejemplo, una empresa recién nacida llamada SmartPatents ha desarrollado un sistema de información que permite a los usuarios acceder a más de 2.2 millones de patentes estadounidenses expedidas desde el año 1971. Entre los clientes de SmartPatents figuran Hewlett-Packard, Lucent Technologies y Dow Chemicals. Otra empresa, Invention Machine, ha desarrollado un programa de software que utiliza una base de datos de más de cinco millones de patentes para buscar posibles soluciones a los problemas técnicos y científicos a los que los ingenieros y investigadores se pueden enfrentar.

INTERNET Y LA VENTA DE TECNOLOGÍA

El reciente desarrollo de Internet ha ampliado las posibilidades de las empresas para la comercialización de sus tecnologías. Internet ha permitido la creación y el desarrollo de mercados electrónicos y on-line donde las empresas

pueden comprar y vender las tecnologías. Un ejemplo de dichas oportunidades lo constituye yet2.com. Yet2.com fue fundada en febrero de 1999 en Cambridge, MA, por parte de un grupo de grandes empresas como DuPont, 3M, AlliedSignal, Boeing, Dow Chemical, Ford, Honeywell, Polaroid, Procter & Gamble, Rockwell. El objetivo de yet2.com estriba en ayudar a las compañías a extraer valor de sus tecnologías inutilizadas o poco explotadas, facilitando y simplificando el tradicionalmente lento y ineficiente proceso de transferencia de la tecnología. Yet2.com cobra el 10%, hasta un máximo de 50000 dólares, de los «royalties» que se generan en cada transacción, además de unos pagos fijos para el acceso a su base de datos y otros tipos de servicios tecnológicos. La empresa difiere de otras bases de patentes on-line en cuanto presenta una información sobre la tecnología cuyo fin es meramente el de subrayar sus potenciales beneficios y sus aplicaciones prácticas. La información la ofrece directamente el vendedor, pero viene estudiada, re-elaborada y presentada en formas más sencillas de interpretar por el personal de yet2.com.

Además, muchas empresas han explotado Internet como un canal de comercialización directa de sus tecnologías inutilizadas a través de unas páginas web creadas para tal fin. Por ejemplo, en su página web, DuPont da a conocer las tecnologías que están disponibles bajo un contrato de licencia en distintas áreas, como las fibras sintéticas, los catalizadores químicos, la electrónica, las ciencias de la vida y el medioambiente. IBM está promocionando activamente la oferta de una cartera de tecnologías en el área del almacenaje de la información. Algunas tecnologías disponibles bajo contrato de licencia incluyen los discos magnéticos, los sistemas de almacenaje ópticos y las bibliotecas. Se trata de un conjunto completo de tecnologías de almacenaje de la información con aplicaciones en los PCs, portátiles, teléfonos móviles, estaciones de trabajo y servidores.

De forma similar, Philips tiene un número importante de patentes sobre varios sistemas de grabación óptica. Muchas de estas tecnologías se ofrecen ahora en licencia a través de su página web. La estrategia de licencia parece estar motivada por la necesidad de recuperar las importantes inversiones en I+D y para conseguir fondos para desarrollar nuevas tecnologías. Actualmente, las patentes que Philips está ofreciendo en licencia pertenecen a 5 áreas: CD, DVD, SACD (Super Audio Compact Disc), MPEG y AC-3 (relacionada con la tecnología Dolby).

TABLA 3
ALGUNAS PÁGINAS WEB DONDE SE PROMOCIONA LA OFERTA DE TECNOLOGÍA

Empresa	Dirección WWW	Disponible bajo licencia
Boeing	http://www.boeing.com/assocproducts/mdip/home.htm	Algoritmos, tecnología láser, tecnología para la producción, sistemas de medición, aceleradores, pantallas, fibra óptica, sensores, etc.
IBM	http://www.ibm.com/ibm/licensing	Procesos utilizados en los circuitos integrados, tecnologías para el almacenaje de información en discos duros, sistemas para el diseño de los semiconductores, etc.
DuPont	http://www.dupont.com/corp/science/technologies.html	Fibras, catalizadores, tecnología biológica, tecnología medioambiental,etc.
Union Carbide	http://www.unioncarbide.com/business/busprgde.html	Óxido de etileno, glicol, resinas y compuestos industriales, solventes, monómeros, polímeros, etc.
Philips	http://www.licensing.philips.com	CD, DVD, SACD, MPEG, AC3.
Procter & Gamble	http://www.pgtechnologytransfer.com	Es el mercado tecnológico privado de la empresa Procter & Gamble.
Muchas empresas	http://www.yet2.com	Cualquier tipo de tecnología. Es un mercado electrónico on-line de tecnología.

FUENTE: Elaboración propia.

La tabla 3 muestra una lista de páginas web donde las empresas anuncian y venden sus tecnologías.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que se pueden hallar del análisis desarrollado en este trabajo son:

Existen limitaciones claras a la transferencia de tecnología, debidas a la naturaleza del conocimiento como bien económico, que justifican el hecho que los mercados para el intercambio de tecnologías sean menos desarrollados que otros tipos de mercados (por ejemplo, de productos alimenticios o de inmuebles). Sin embargo, los mercados tecnológicos han dado señales de fuerte crecimiento en los últimos años.

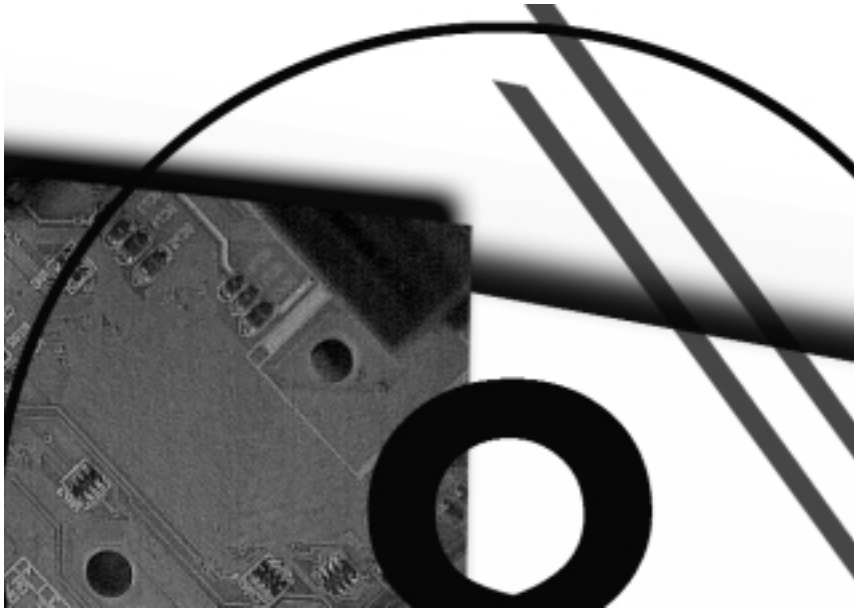
Siendo el conocimiento tecnológico diferente en los distintos sectores industriales es fácil entender porqué en algunos sectores, como el farmacéutico o el software, donde el conocimiento es más codificado y las actividades del proceso de innovación menos interdependientes, los mercados tecnológicos sean más desarrollados que en otros sectores.

El progreso técnico y científico puede favorecer el desarrollo de mercados tecnológicos en sectores donde hoy en día no parecen darse las condiciones idóneas para ello. Por ejemplo, el reciente desarrollo de la tecnología de la información ha contribuido a empujar el crecimiento de los mercados tecnológicos en distintos sectores. Por un lado, la tecnología de la información ha incrementado las posibilidades de codificar el conocimiento y de hacerlo menos dependiente del contexto y, por lo tanto, más fácil de transferir entre agentes y organizaciones. Por otro lado, dicha tecnología ha abierto nuevas oportunidades para la comercialización de todo aquel conjunto de tecnologías que quedan inutilizadas dentro de muchas empresas.

Entender en qué sectores y bajo qué condiciones es más probable observar el desarrollo de mercados tecnológicos tiene

una importancia enorme tanto para la dirección estratégica de las empresas (grandes y pequeñas), en cuanto un recurso tan estratégico como la tecnología podría ser comprado y vendido en el mercado, cuanto para las políticas y organización de la I+D.

Finalmente, los mercados tecnológicos constituyen una condición necesaria para la existencia de proveedores especializados de tecnología. La especialización y la división del trabajo son un determinante crítico del crecimiento industrial y económico.



(*) Este artículo se basa parcialmente en el trabajo de investigación centrado en los mercados tecnológicos que el autor ha llevado a cabo en los últimos años, conjuntamente con Ashish Arora y Alfonso Gambardella. En la redacción del artículo el autor se ha beneficiado de los comentarios y sugerencias de Cristina Mazón, Pedro Pereira y Esther Roca. Naturalmente, es el único responsable de todos los posibles errores y omisiones. El autor quiere agradecer la financiación recibida por parte del Ministerio de Ciencia y Tecnología a través del proyecto SEC2000-0395.

NOTAS

(1) Los mercados tecnológicos y la sub-contratación de la I+D no son fenómenos nuevos. Por ejemplo, Mowery (1983) analiza las tendencias de la sub-contratación de la I+D en la primera parte del siglo XX. Lamoreaux y Sokoloff (1997, 1998) han documentado la existencia de un activo mercado de las patentes en los Estados Unidos durante el siglo XIX. Sin embargo, parece que dichos mercados hayan remitido después de los años 20 para volver a crecer en las últimas dos décadas.

(2) Ignoraremos algunas formas importantes de transferencia de tecnología como las fusiones y adquisiciones motivadas por la necesidad de absorber tecnología externa y el movimiento de trabajadores de una empresa a otra. Dicha omisión no quiere significar que estas formas de transferencia de tecnología no sean importantes y sólo refleja la necesidad de limitar el enfoque del artículo.

(3) Para más detalles sobre estos ejemplos, Arora, Fosfuri y Gambardella (2001a, Capítulo 3).

(4) El índice de Herfindahl es la suma del cuadrado de las cuotas de mercado de todas las empresas de un sector. El índice varía entre 0 (sector totalmente fragmentado) y 1 (sector totalmente concentrado).

(5) Un ejemplo típico es aquel donde la tecnología que tiene que transferirse se compone de una patente y de «know-how» complementario (por ejemplo, la experiencia acumulada durante el uso de la tecnología). En este caso, el vendedor puede restringir el uso de los derechos de patente si no está satisfecho con el comportamiento del comprador. Si la protección de la propiedad intelectual a través de patentes es fuerte, el comprador no puede conseguir demasiado valor sólo usando el «know-how».

(6) En Arora, Fosfuri y Gambardella (2001b) estimamos la importancia de la división del trabajo en la industria química durante los 80, utilizando una muestra de las más importantes tecnologías del sector. Nuestro análisis sugiere que un proveedor especializado adicional de una determinada tecnología hubiera significado, en promedio, un incremento de la inversión de 114 millones de dólares durante los 80 en los 38 países del Tercer Mundo que constituyen nuestra muestra.

BIBLIOGRAFÍA

ARORA, A. (1995): Licensing tacit knowledge: Intellectual property rights and the market for know-how. *Economics of Innovation and New Technology* 4: 41-59.

ARORA, A. y FOSFURI, A. (1999): Licensing the Market for Technology. CEPR Discussion Paper #2284. London, Uk.

ARORA, A. y FOSFURI, A. (2000): The market for technology in the chemical industry: Causes and consequences. *Revue d'Économie Industrielle* 92: 317-334.

ARORA, A., FOSFURI, A. y GAMBARDELLA, A. (2001a): *Markets for Technology: The Economics of Innovation and Corporate Strategy*. Cambridge, MA: MIT Press.

ARORA, A., FOSFURI, A. y GAMBARDELLA, A. (2001b): Specialized technology suppliers, international spillovers and investment: Evidence from the chemical industry. *Journal of Economic Development* 65 (1): 31-54.

ARORA, A. y GAMBARDELLA, A. (1994): The changing technology of technological change: General and abstract knowledge and the division of innovative labour. *Research Policy* 23: 523-532.

ARORA, A. y GAMBARDELLA, A. (1998): Evolution of industry structure in the chemical industry. En *Chemicals and Long-Term Economic Growth*, ed. Arora, A., Landau, R. y Rosenberg, N. New York: John Wiley & Sons.

ARROW, K. J. (1962): Economic welfare and the allocation of resources for invention. En *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, ed. Nelson, R. R. Princeton: Princeton University Press.

BRESNAHAN, T. y TRAJTENBERG, M. (1995): General purpose technologies: «Engines of growth»? *Journal of Econometrics* 65: 83-108.

BRITISH TECHNOLOGY GROUP (BTG). (1998): IPR Market Benchmark Study. http://www.btgplc.com.

DEGNAN, S. A. (1998): The licensing payoff from U.S. R&D. *Journal of the Licensing Executives Society International* 33 (4): 1-8.

GRINDLEY, P .C. y TEECE, D. J. (1997): Licensing and cross-licensing in semiconductors and electronics. *California Management Review* 39 (2): 8-41.

HELPMAN, E. (ed.) (1998): *General Purpose Technologies and Economic Growth*. Cambridge, MA: The MIT Press.

LAMOREAUX, N. y SOKOLOFF, K. (1997): Location and technological change in the American glass industry during the late Nineteenth and Early Twentieth Centuries. NBER Working Paper #5938. Cambridge, MA.

LAMOREAUX, N. y SOKOLOFF, K. (1998): Inventors, firms, and the market for technology: U.S. manufacturing in the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries. En *Learning by Firms, Organizations, and Nations*, ed. Lamoreaux, N., Raff, D. y Temins, P.

MOWERY, D. (1983): The relationship between intrafirm and contractual forms of industrial research in American manufacturing, 1900-1940. *Explorations in Economic History* 20: 351-374.

NELSON, R. R. y WINTER, S. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.

NONAKA, I. (1991): The knowledge-creating company. *Harvard Business Review* 32 (3): 27-38.

OECD. (1998): *Main science and technology indicators*. Paris: Organization for Economic Development and Cooperation.

POLANYI, M. (1966): *The Tacit Dimension*. London: Reutledge and Kegan Paul.

ROSENBERG, N. (1976): *Perspectives on Technology*. Cambridge: Cambridge University Press.

ROSENBERG, N. y BIRDZELL, L. (1986): *How the West Grew Rich*. New York: Basic Books.

SIMON, H. (1962): The architecture of complexity. *Proceedings of the American Philosophical Society* 106 (6): 467-482.

STIGLER, G. (1951): The division of labor is limited by the extent of the market. *Journal of Political Economy* 59: 185-193.

TEECE, D. J. (1988): Technological change and the nature of the firm. En *Technological Change and Economic Theory*, ed. Dosi, G., et al. London: Printer Publishers.

VON HIPPEL, E. (1990): Task partitioning: An innovation process variable. Research Policy 19, 407-418.

VON HIPPEL, E. (1998): Economics of product development by users: The impact of 'sticky' local information. *Management Science* 44 (5): 429-439.

WINTER, S. (1987): Knowledge and competence as strategic assets. En *The Competitive Challenge: Strategies for Industrial Innovation and Renewal*, ed. Teece D.J. New York: Harper and Row.